



MODELO DE SIMULACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE TRÁFICO URBANO MEDIANTE SEMÁFOROS INTELIGENTES Y SUMO

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA TELECOMUNICACIÓN

RICARDO OLIVARES GALLEGO

DANIEL BORRAJO MILLÁN

JUNIO DE 2015

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a mis padres, guías sabios e incondicionales en todo momento, sin los cuales no habría sido posible alcanzar y culminar este proyecto.

A mis hermanas y el resto de mi familia, agradecerles que hayan estado conmigo todos estos años celebrando los éxitos y haciéndome aprender de mis fracasos.

A mis compañeros y amigos Borja, Pablo, Leandro y Alejandro por acompañarme en estos años y por nuestro trabajo en equipo, a veces mucho más allá de lo académico.

Al resto de mis compañeros de universidad, por nuestros ratos de camaradería y todas las ayudas que nos hemos prestado.

A mis amigos por compartir conmigo los momentos de tranquilidad y celebrar los momentos de éxito.

A mi tutor Daniel, agradecerle su ayuda, orientación y paciencia y todo su tiempo dedicado a este proyecto.

RESUMEN

En este trabajo se desarrolla un dominio de planificación que, al ejecutarlo con un planificador, se obtenga un plan de actuación frente al atasco causado en una red por el tráfico. Este plan es llevado a cabo mediante los semáforos dentro de la red. Para ello se hace uso del lenguaje PDDL y el planificador LAMA.

Este trabajo primeramente se centrará en la obtención de los escenarios, la generación del dominio, los diferentes problemas, los objetivos a alcanzar del planificador, y todo lo necesario para poder implementar la solución en los semáforos. En segundo lugar, se experimentará con el dominio desarrollado, utilizando para ello diferentes escenarios de prueba con los problemas que cada uno plantea. Se analizará los resultados obtenidos desde el punto de vista de la planificación y viendo qué significan en un entorno real como puede ser una red urbana existente.

ABSTRACT

In this bachelor thesis a planning domain is developed so that, executed with a planner, an action plan is generated. This plan faces the traffic jam originated in a traffic net and performed by the traffic lights of the traffic net. To this purpose, PDDL language and LAMA planner are used.

This paper will focus primarily on the scenarios acquisition, the planner domain, the different planner problems, the planner goals generation, and everything necessary in order to implement the solution in traffic lights. Secondly, the testing phase will take place, testing the planner domain developed with several scenarios with its problems associated and goals to achieve. The results will be analysed from the point of view of planning, paying attention to what these outcomes mean in a real scenario such as urban traffic net from a real city.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

On October 8th 1908, Henry Ford took advantage of the Industrial Revolution and he introduced the Ford Model T. He began to mass produce it in 1913. For the first time, cars were cheap and reliable enough for mass commuting, giving rise to automotive traffic that is tied to the rise of traffic signals.

One of the traffic signals is the traffic light that started playing a strong role in people's everyday life given that they: prevent or reduce road accidents, optimize traffic flows, reduce travel time or reduce fuel consumption and its negative impact on the environment.

In addition, the increasing tendency to turn our cities into models based on Internet of Things (IoT), where everything is connected; and the concept of smart cities, serve only to boost the motivation of this study. In order to achieve that, it is necessary to generate traffic models of simulation and study cases that make the implementation of the system possible.

What follows is therefore an overview of a system which is able to generate a control plan for traffic lights in order to reduce the traffic jam in an urban net through the real-time data compilation of the traffic status in that net.

To do so, the PDDL language will be used, with a domain designed to solve all possible problems (achieving the goals, no traffic jam), by the execution of the LAMA [LAMA] planner and the software designed to implement it. The impact on the environment and the travel time through the urban net will be reduced as well.

The following summary, does not purport to be a complete description of the system (it may be consulted on [1]). It is composed of an introduction (shown above), the system description, conclusions and references.

Description of the system

In this bachelor thesis a planning domain is developed so that, executed with a planner, an action plan is generated. This plan faces the traffic jam originated in a traffic net and performed by the traffic lights of the traffic net. To this purpose, the PDDL language and LAMA planner are used.

The description of the designed system will be the analysis of its highest level of abstraction and the analysis of a lower level of abstraction, both analysis for each module on which the system consists.

The system is formed by 4 high level modules (Figure 1): input module (IM), simulation module (SM), simulation control module (SCM) and PDDL planning module (PPM)

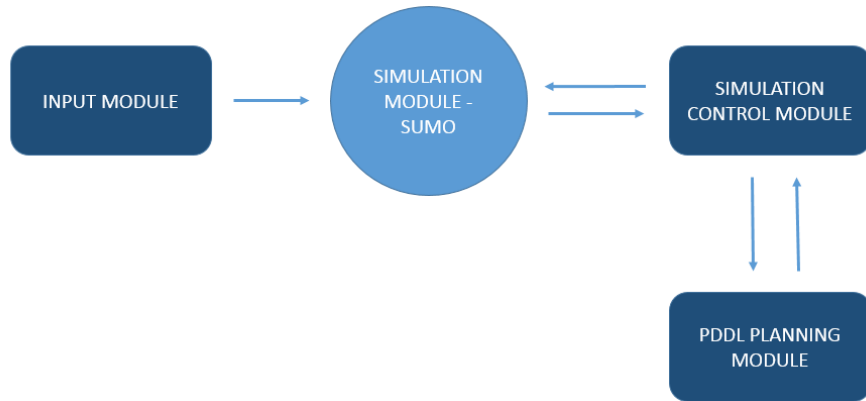


Figure 1. System Modules.

The system is strongly marked by the connection between the simulator SUMO [4] (SM) and the PDDL planning module (PPM). This connection is achieved thanks to SCM which links with SUMO by a TCP connection. (Figure 2).

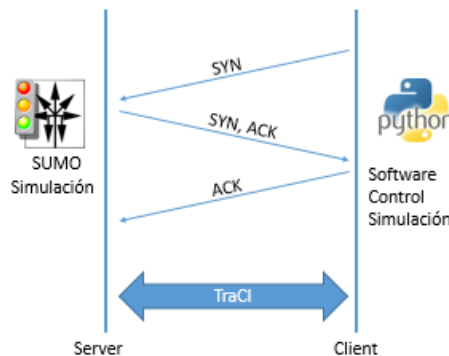


Figure 2. SUMO - SCM TCP connection.

Functional Features

The system should have the following functional features:

- Traffic simulation with no traffic monitoring.
- Traffic simulation with traffic monitoring, in order to avoid and reduce traffic jams.
- Generation of software that is able to interact with the simulator, receiving simulation data and sending instructions to be fulfilled by SUMO.
- Traffic congestion detection.
- PDDL problems production and PDDL domain design. The planner should take as input those files and generate a plan as output.
- The plan generated has to be implemented in the urban net.
- Generation of the simulation summary.
- Ability to be modified by input user options.
- GUI (Graphic User Interface) configuration.

Architecture of the System

Input Module (IM)

The information that the system needs to work comes from the IM (Figure 3). It consists on the user options, nets for the simulation and the user specifications.

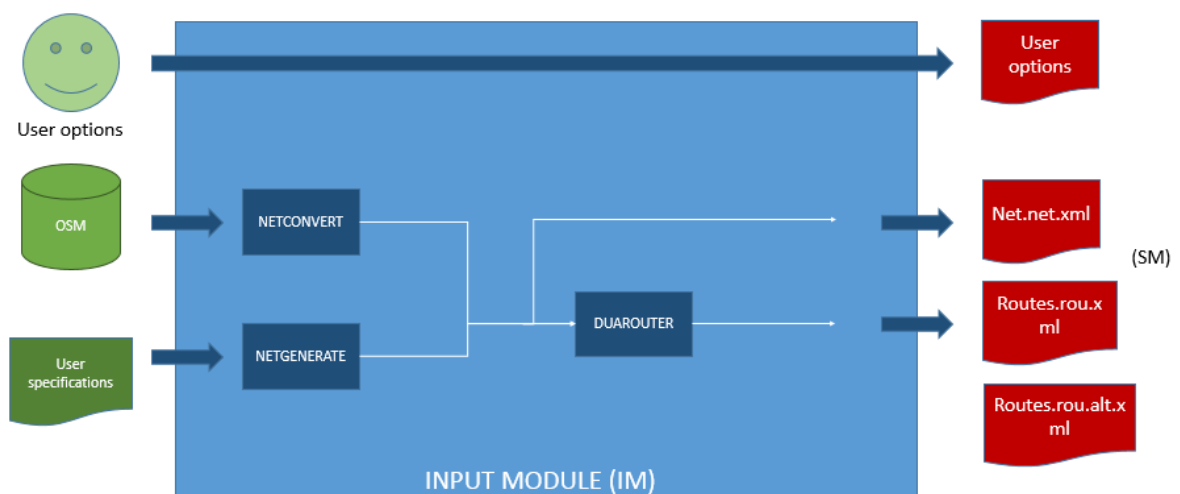


Figure 3. Input Module.

The user options may be:

- -h, --help. Help message.
- --nogui. Disable GUI. (Default value = false).
- --printsumresult. It prints a summary once simulation is over. (Default value = false).
- --monitoring. It enables AI Unit. (Default value = false).
- --singlegoal. Single goal for the planner. (Default value = false).
- --densitylevels. Number of density levels: 2 or 5. (Default value = false).

The user specifications are required for the theoretical scenarios. They are the input for the submodule NETGENERATE. This SUMO TOOL (ST) may be configured with the specifications of the user in order to get the desired net.

On the other hand, if the system is looking for a real urban net, it will make use of NETCONVERT, a ST able to get a real net from a map (OpenStreetMaps [5]).

The achieved net (whether from NETCONVERT or NETGENERATE) is the input for a new submodule; DUAROUTER. DUAROUTER (ST) produces urban traffic (vehicles and routes) for a given net.

Simulation Module

The system has all the necessary for a simulation which belongs to SM (Figure 4).

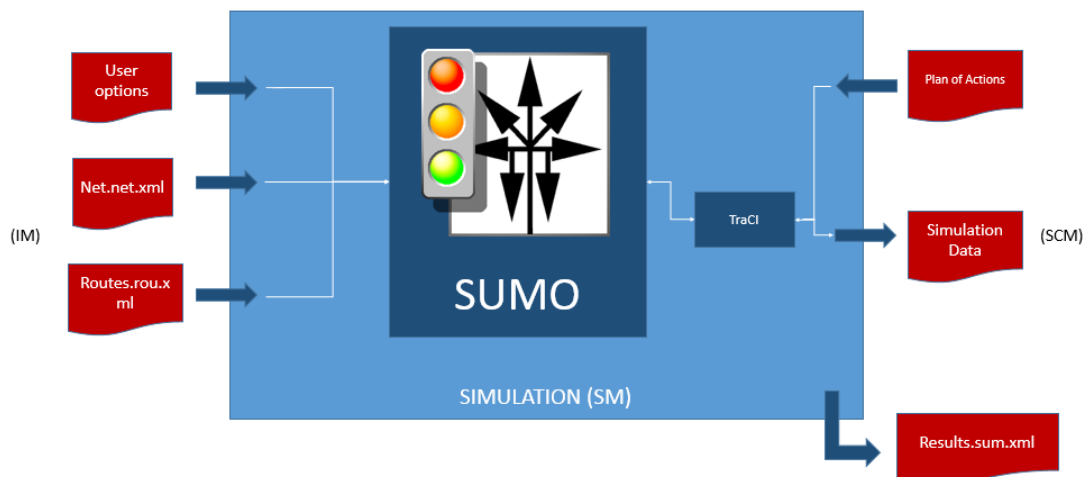


Figure 4. Simulation Module.

The outputs of IM are the inputs of SM, so the simulation is started on the produced/converted net with its urban traffic and configured with the user options.

SM is connected to SCM (see Figure 2) through TraCI (Traffic Control Interface), an extension of SUMO package. TraCI must send simulation data from SUMO (density levels of edges and traffic lights state) to SCM in order to generate the PDDL problem and receive the plan of actions to be implemented in traffic lights. SM will produce a summary once the simulation is over.

Simulation Control Module

SCM is responsible for managing the whole system (Figure 5).

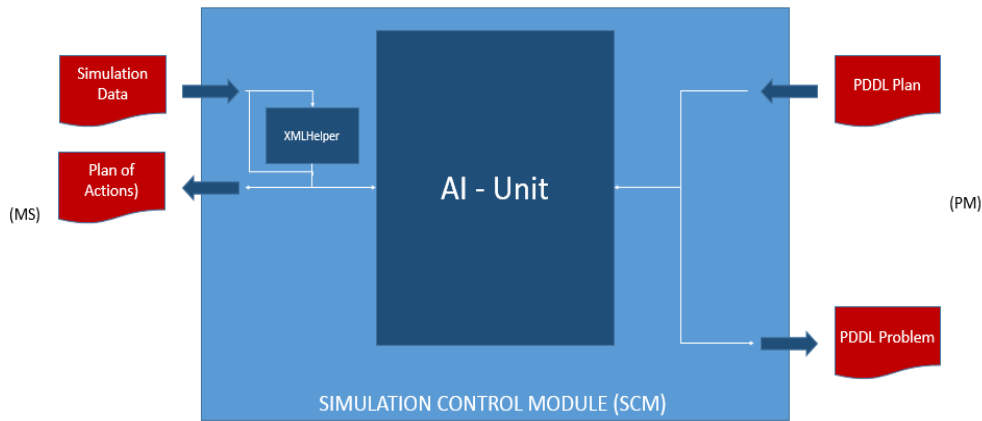


Figure 5. Simulation Control Module.

SCM plays an important role, it is the SUMO – PDDL translator and vice versa.

Firstly, it receives simulation data in real-time and with this information (edges density level and traffic lights states, and also the net topology) produces the first PDDL problem. The PDDL problem is composed of static predicates (SP) and non-static predicates (NSP). SP describe the objects and their situation that never changes (as net topology) in a PDDL problem whereas NSP describe all that changes in every PDDL problem (edges density level and traffic lights states). Therefore, the first time SCM generates the PDDL problem in a simulation, it writes the entire problem (SP and NSP) but for the successive problems just NSP. This means a significant saving in time every time a new problem (for the same simulation) is needed.

Once the PDDL problem is ready, it is sent to SCM where together with the designed PDDL domain, the planner produces a plan. The plan comes back to SCM where it will be interpreted action by action and implemented in the traffic lights (through TraCI) of the net action by action also.

Other functions of SCM are for example traffic jam detection or CO2 emissions calculation. SCM has one more submodule: xmlHelper. This submodule extracts the information for the XML files which contains for example the characteristics of the net or the amount of vehicles that compose the urban traffic.

In order to exemplify a conversion performed by SCM, are shown the density levels SUMO – PDDL conversion (Table 1).

Numerical range (SUMO)	Density level PDDL (2 levels)	Density level PDDL (5 levels)
$0 \leq \text{density} < 0.12$	Low	Very-low
$0.12 \leq \text{density} < 0.25$	Low	Low
$0.25 \leq \text{density} < 0.4$	Low	Moderate
$0.4 \leq \text{density} < 0.52$	Low	High
$0.52 < \text{density}$	High	Very-high

Table 1. Density levels conversion (SUMO - PDDL).

Planning Module

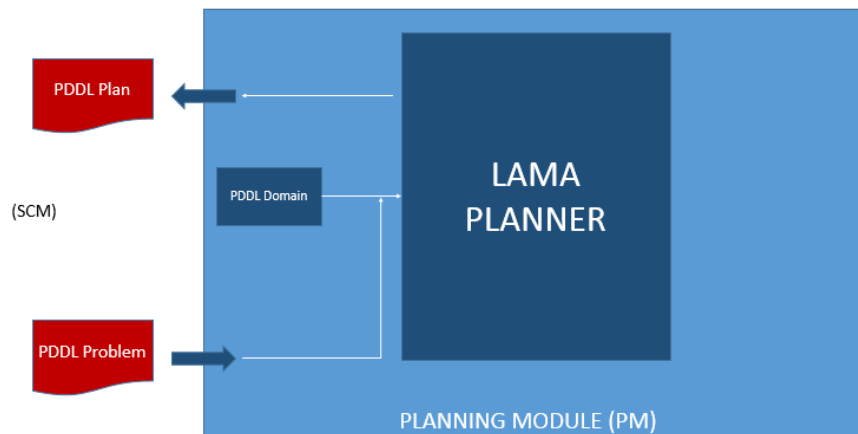


Figure 6. Planning Module.

As shown above (Figure 6), PM mainly contains the planner which gives its name to this module. The chosen planner is LAMA, a planner based on heuristic search. It can be divided in 3 modules [2]:

- Translator. It transforms the planner input into a multi-valued state representation.
- Knowledge Compilation. Using the multi-valued task representation generated by the translator, it builds a number of data structures which play a central role in the subsequent landmark generation and search.
- Search Engine. Using the data structures generated by the knowledge compilation module, it attempts to find a plan using heuristic search with some enhancements, such as the use of preferred operators and deferred heuristic evaluation.

The planner has as inputs PDDL (*Planning Domain Definition Language*, [3]) problem and domain and produces a PDDL plan that will be translated to SUMO and implemented by SCM.

The PDDL domain was designed to be composed of actions such that the combination of them could solve the urban traffic congestion and avoid it also.

The domain contains 11 actions that cover all the cases in order to control the intersection of two streets, where a traffic light exists.

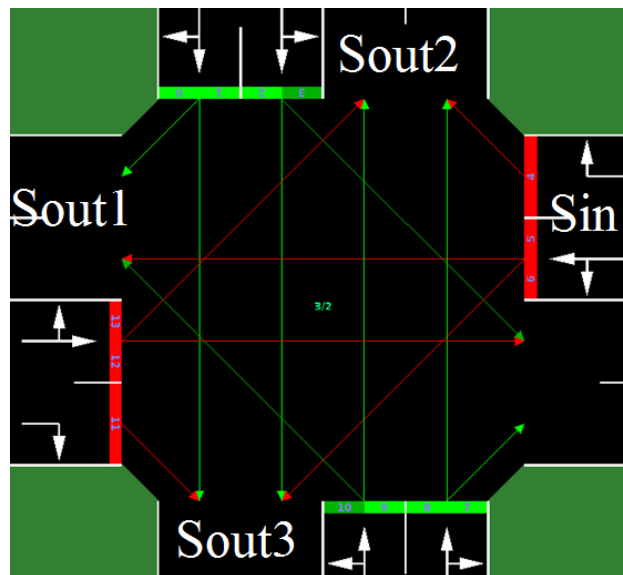


Figure 7. Crossing and 14 states-traffic light.

The Figure 7 shows a crossing of 2 streets. In SUMO, crossings are controlled by a single traffic light that manages all allowed traffic

movements in this junction of the net. A traffic light is set through its program, which contains states (as a real traffic light: green (“g”), yellow (“y”) and red (“r”), depending on the colour to a certain movement in that instant) as many as movement possibilities the crossing has.

The Figure 7 also shows how the issue of every crossing is addressed: an entrance street (S_{in}) and 3 exit streets (S_{out1} , S_{out2} , S_{out3}) that combined with the amount of street density levels (chosen by user) produce the situations and actions of the Table 2 (with density levels before and after the action execution):

Action	Before the action Real density levels				After the action Traffic forecasts by planner			
	Sin	Sout 1	Sout 2	Sout 3	Sin	Sout 1	Sout 2	Sout 3
1. l-green-to-one-red-to-two	L	L	H	H	M	M	M	M
2. l-green-to-two-red-to-one	L	L	L	H	L	M	M	M
3. h-green-to-two-red-to-one	H	L	L	H	L	M	M	M
4. h-green-to-one-red-to-two	H	L	H	H	M	M	M	M
5. h-green-to-all-ways	H	L	L	L	L	M	M	M
6. l-red-to-all-ways	L	H	H	H	M	M	M	M
7. m-green-to-all-ways	M	L	L	L	L	L	L	L
8. m-green-to-two-red-to-one	M	L	L	H	L	L	L	M

9. m-green-to-one-red-to-two	M	L	H	H	L	L	M	M
10. m-red-to-all-ways	M	H	H	H	H	M	M	M
11. hm-green-to-all-ways	H	M	M	M	L	L	L	L

Table 2. 3-outs-actions

These actions will be combined to solve all the PDDL problems and avoid and reduce traffic jam in cities. These actions are only valid for crossings with 3 exit streets. The final domain is extended to 2 exit street-actions (Table 1) too because real urban nets might have several possibilities in their crossings.

Action	Before the action					
	Sin	Sout1	Sout2	Sin	Sout1	Sout2
1. l-red-to-two	L	H	H	M	M	M
2. l-green-and-red-to-one	L	L	H	L	M	M
3. h-green-and-red-to-one	H	L	H	M	M	M
4. h-green-to-two	H	L	L	L	L	L
5. m-red-to-two	M	H	H	H	M	M
6. m-green-and-red-to-one	M	L	H	L	L	M
7. hm-green-to-two	H	M	M	L	L	L

Table 3. 2-outs-actions.

The nomenclature used for the density levels is:

H = *high* o *very high*.

L = *very low* o *low*.

M = *moderate*.

The nomenclature used for the name of the actions is:

Density level of S_{in} – state to be set in traffic light – number of outputs that are set with that state.

Logic Design

The analysis of the way the system works is shown in Figure 9.

Firstly, inputs are checked: if the user introduces the wrong options, they will be set by default and if the net and routes files are not consistent, SUMO will stop the simulation and report errors.

Once inputs are checked the simulation starts, in which the traffic is monitored in every step. In order to provide a satisfactory understanding of the main part of the system, it must be explained a basic concept of the design.

The system has to be a non-reactive system, i.e. a system that doesn't maintain a continuous interaction with its environment, by responding to external stimulus at any time. This requirement within a traffic control system is equivalent not only to ease traffic congestion on streets, but also to foresee towards what streets the traffic is going to be diverted and to avoid the congestion on these streets too.

Therefore the idea was brought up that the traffic lights rules are not established just for one (at local level) but foresee towards what streets the traffic is going to be diverted from a crossing before being set up the traffic light of this crossing, (by executing a planner action) and according to those streets, get the traffic lights (belonging to those these streets) configured after a certain period of time (set at 50 steps) in order to see if the forecast performed is satisfied. This way it allows us to establish a relationship between 2 or more crossings in order to avoid congestion until final destination of the automobile. From the planner

perspective, this final destination will be achieved when the vehicles reach a low density-level street.

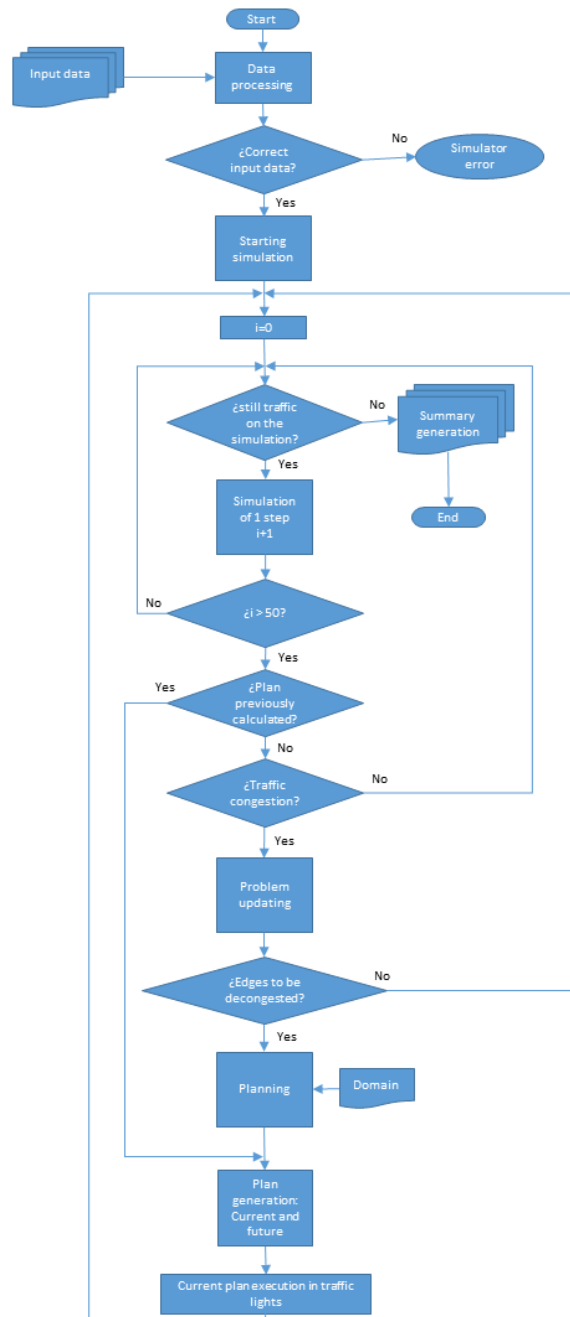


Figure 8. System Flowchart.

This causes a division of the plan generated by the planner: a plan to be executed at the same step that the planner (current plan) and another plan to be executed later (future). This saves time, and thus also costs because the planner avoids to be executed always.

Linking this reasoning to the Figure 9, if there is still traffic running on the simulation, 50 steps are simulated before evaluating the traffic and going on with the rest of the system.

After this period of time, and with no remaining actions in a plan previously calculated (i.e. a future plan saved at an earlier step), the non-static predicates of the problem are updated and also the goals of the problem and together with the domain, (containing the designed actions) the planner is executed.

Before the planner execution, it has to be checked if there are goals to achieve, i.e. edges to be decongested. This is because the final goal of the system is to spread out the traffic, whereas the system detects congestion when a vehicle is stopped for a long time (set at 120 steps), that after all this is the most important when you are stuck in a traffic jam, the time you spend on it.

So, the plan is divided into 2: current plan (to be executed at the moment) and the future plan (to be executed after a period of time). The verification that if the conditions to execute an action are fulfilled or not is the only criterion which makes this division. The actions in the current plan are performed and the rest of them are kept in order if they may be executed in the next interaction (after the 50 step-period). If so, it means that the forecasts made by the system about the traffic behaviour after executing the actions are very accurate.

When the future plan is empty, if necessary, the PDDL problem is properly updated containing the simulation status, and the planner is executed again.

If all the vehicles reach their destination (no more vehicles remaining in the simulation), the simulation is over and a simulation summary is generated.

Conclusions

The purpose of the bachelor thesis is mainly to design a solution that could improve one of the problems which appears every day in the large cities: the problem of the transport and traffic jams.

In view of the obtained results [1], it can be said that the developed system has shed light on the issue. The PDDL domain designed allows

the planner to generate plans of traffic lights reconfiguration, reducing the traffic congestion in a net not only at the isolated crossings-level but taking into account the possible behaviours of the traffic that verify the real short- to medium-term planning (obtaining action plans that are tailored to the traffic development in real-time until net decongestion).

This is achieved by the software designed that fulfills all predefined functions, from the connection with Sumo simulator through TraCI, to the data obtaining and processing from all parts of the system, to the plan implementation against traffic jams at any moment.

Although it is a successful system, it should be recalled that:

- The hardware constraint determines strongly the throughput and the results of the system. Computing cost of the planner varies both by the size of the net and by the size of the domain, that will continue to translate into an increase of time that, in some instances, is bigger than the time spent spreading out the traffic from the net when the traffic is not monitored. Knowing that the cities are enormous nets and the domain should be bigger in order to cover all possibilities in a crossing, this means a clear disadvantage for the system.
- It has been possible to see how the AI system improves the results, running in scenarios with intense an high level of traffic, although in scenarios with moderate or low level of traffic the results are quite similar to the ones with no traffic monitoring, being a downside because it has to deal with time and computing costs of the planner.

The main conclusion of the bachelor thesis is that the design system means a considerable improvement on the non-monitoring system in scenarios with intense and continuous traffic, whereas in scenarios with light traffic both systems have an almost equally performance. Even so, the system design is still in developmental and test phase, being necessary to overcome its limitations to achieve the robustness and the efficiency that may be required for this kind of systems.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	2
EXTENDED ABSTRACT	3
Introduction	3
Description of the system.....	4
Functional Features	5
Architecture of the System.....	5
Logic Design	12
Conclusions	14
1. INTRODUCCIÓN	23
2. OBJETIVOS	24
3. ESTADO DE LA CUESTIÓN	26
3.1. Planificación automática de tareas.....	26
3.1.1. PDDL	26
3.1.2. LAMA	27
3.2. Modelo y entorno de simulación	28
3.2.1. OSM	28
3.2.2. SUMO	28
3.2.3. PYTHON.....	29
3.2.4. TRACI.....	29
3.2.5. ECLIPSE	29
3.3. TRABAJOS DE APOYO Y SIMILARES	30
4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	30
4.1. Análisis del sistema.....	31
4.1.1. Descripción de las características funcionales.....	31
4.1.2. Restricciones del sistema	31
4.1.3. Especificación de requisitos.....	32
4.2. Arquitectura del sistema	37

4.2.1. Módulo de Entrada.....	38
4.2.2. Módulo de Simulación – SUMO	38
4.2.3. Módulo de Control de Simulación.....	38
4.2.4. Módulo de Planificación – PDDL.....	39
4.2.5. Funcionamiento del sistema	39
4.3. Modelo de datos	42
4.3.1. Esquema general	42
4.3.2. Subsistema de entrada	44
4.3.3. Subsistema de salida	47
4.3.4. Subsistema de procesado	47
4.3.5. Subsistema de interfaz gráfica de usuario.....	47
4.4. Diseño detallado.....	48
4.4.1. ME: Opciones de usuario	49
4.4.2. ME: NetGenerate	49
4.4.3. ME: NetConvert	49
4.4.4. ME: Duarouter	50
4.4.5. MS: SUMO	51
4.4.6. MCS: Unidad IA y xmlHelper	52
4.4.7. MP: Planificador LAMA	56
4.4.8. MP: Dominio PDDL	56
5. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS	72
5.1. Pruebas en escenario ficticio.....	72
5.1.1. Prueba PT-01	73
5.1.2. Prueba PT-02.....	74
5.1.3. Prueba PT-03.....	75
5.1.4. Prueba PT-04.....	76
5.1.5. Prueba PT-05	77
5.1.6. Prueba PT-06.....	77
5.1.7. Prueba PT-07.....	78
5.1.8. Prueba PT-08.....	79

5.2. Pruebas en escenario real	79
6. GESTIÓN DEL PROYECTO	82
6.1. Planificación.....	82
6.2. Presupuesto	84
6.2.1. Personal	84
6.2.2. Material	85
6.3.3. Resumen	86
7. CONCLUSIONES	87
8. LINEAS DE TRABAJO FUTURAS	88
9. REFERENCIAS.....	89
ANEXO I. Manual de usuario	91
Anexo II. MANUAL DE REFERENCIA	93
Instalación y entorno	93
Planificación.....	94
Software de control de simulación.....	94
Anexo III. CÓDIGO	96
Plan generado en PT-01	96
Dominio PDDL	114
Ejemplo de problema PDDL.....	140
Función principal del script de control	210

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Diagrama del planificador.	26
Ilustración 2. Módulos integrantes del sistema.	37
Ilustración 3. Conexión TCP SUMO – TraCI.	38
Ilustración 4. Diagrama de flujo de alto nivel.	40
Ilustración 5. Modelado de datos del sistema, diagrama básico.	43
Ilustración 6. Sistema de bajo nivel: Red.	45
Ilustración 7. Sistema de bajo nivel: Rutas.	46
Ilustración 8. Sistema de bajo nivel: Sumario.	47
Ilustración 9. Sistema de bajo nivel: Opciones de la interfaz gráfica de usuario.	48
Ilustración 10. Módulo de entrada.	48
Ilustración 11. Ejecución script server.py, selección de zona a importar.	50
Ilustración 12. Módulo de simulación.	51
Ilustración 13. Módulo de control de simulación.	51
Ilustración 14. Interfaz gráfica usuario SUMO.	52
Ilustración 15. Módulo de planificación.	56
Ilustración 16. Cruce y semáforo de 14 estados.	57
Ilustración 17. Situación antes de la acción.	62
Ilustración 18. Situación después de la acción.	63
Ilustración 19. Escenario ejemplo de sistema no reactivo.	64
Ilustración 20. Escenario después de primera acción, ejemplo sistema no reactivo.	64

Ilustración 21. Escenario después de primera acción, ejemplo sistema no reactivo.....	65
Ilustración 22. Red teórica en parrilla de 35 cruces (internos) y coche.	72
Ilustración 23. Sección de mapa bajo estudio, centro de Houston (TX).	80
Ilustración 24. Sección de mapa en SUMO.....	80
Ilustración 25. Planificación Gantt del proyecto.	83
Ilustración 26. Python.	91
Ilustración 27. Carpeta SUMO.	91
Ilustración 28. Variable de entorno SUMO.....	92
Ilustración 29. Ejecución Sistema.	92
Ilustración 30. Instalación PyDev.....	93
Ilustración 31. Cambio de planificador.	94
Ilustración 32. Función run.....	95
Ilustración 33. Tiempo de espera e intervalo de evaluación.	95

Índice de tablas

Tabla 1. RF-001.	32
Tabla 2. RF-002.	32
Tabla 3. RF-003.	33
Tabla 4. RF-004.	33
Tabla 5. RF-005.	33
Tabla 6. RF-006.	33
Tabla 7. RF-007.	34
Tabla 8. RF-008.	34

Tabla 9. RF-009.	34
Tabla 10. RF-010.	34
Tabla 11. RF-011.	35
Tabla 12. RF-012.	35
Tabla 13. RF-013.	35
Tabla 14. RF-014.	35
Tabla 15. RF-015.	36
Tabla 16. RF-016.	36
Tabla 17. RF-017.	36
Tabla 18. RNF-001.	36
Tabla 19. RNF-002.	37
Tabla 20. Conversión niveles de densidad (SUMO-PDDL).	53
Tabla 21. Conversión niveles de estados de los semáforos (SUMO-PDDL).....	53
Tabla 22. Acción PDDL: l-green-to-one-red-to-two.....	58
Tabla 23. Acción PDDL: 2. l-green-to-two-red-to-one.....	58
Tabla 24. Acción PDDL: 3. h-green-to-two-red-to-one.....	59
Tabla 25 Acción PDDL: h-green-to-one-red-to-two.....	59
Tabla 26. Acción PDDL: h-green-to-all-ways.	59
Tabla 27. Acción PDDL: l-red-to-all-ways.	60
Tabla 28. Acción PDDL: m-green-to-all-ways.	60
Tabla 29. Acción PDDL: m-green-to-two-red-to-one.....	60
Tabla 30. Acción PDDL: m-green-to-one-red-to-two.....	61
Tabla 31. Acción PDDL: m-red-to-all-ways.	61

Tabla 32. Acción PDDL: hm-green-to-all-ways.	61
Tabla 33. Acción PDDL: l -red-to-two.....	66
Tabla 34. Acción PDDL: l-green-and-red-to-one.	66
Tabla 35. Acción PDDL: h-green-and-red-to-one.	66
Tabla 36. Acción PDDL: h-green-to-two.....	67
Tabla 37. Acción PDDL: m-red-to-two.....	67
Tabla 38. Acción PDDL: m-green-and-red-to-one	67
Tabla 39. Acción PDDL: hm-green-to-two.....	68
Tabla 40. Prueba PT-01.	73
Tabla 41. Prueba PT-02.	74
Tabla 42. Prueba PT-03.	75
Tabla 43. Prueba PT-04.	76
Tabla 44. Prueba PT-05.	77
Tabla 45. Prueba PT-06.	77
Tabla 46. Prueba PT-07.	78
Tabla 47. Prueba PT-08.	79
Tabla 48. Prueba PR-01.....	81
Tabla 49. Costes de personal.	84
Tabla 50. Costes software.....	85
Tabla 51. Costes hardware.....	85
Tabla 52. Resumen de costes.....	86

1. INTRODUCCIÓN

El 8 de octubre de 1908, Henry Ford aprovechó el empuje de la Revolución industrial y comenzó a fabricar el Modelo T, el primer automóvil fabricado en serie de la historia. Por primera vez, se trataba de vehículos baratos y lo suficientemente confiables para los desplazamientos en masa, dando origen a un significativo incremento de tráfico automovilístico y a la necesidad de regular dicho tránsito de vehículos. Así el auge de las señales de tráfico fue en aumento propiciando la aparición de una de las primeras, el semáforo.

Pronto el semáforo tomó un papel decisivo en la vida cotidiana de la sociedad, gracias a metas que hoy todavía se persiguen: Prevenir o reducir el número de accidentes, optimizar el flujo de vehículos, reducir los tiempos de transporte o la cada vez más imperante preocupación por el medio ambiente y el negativo impacto sobre ella.

Por otro lado, las tendencias cada vez mayores de convertir nuestras ciudades en modelos basados en el Internet de las Cosas, (del inglés *Internet of Everything*) donde todo esté interconectado; y la aparición del concepto de las ciudades inteligentes (autogestión de la propia ciudad mediante mecanismos de aprendizaje y razonamiento alimentados a su vez de datos recopilados en tiempo real), no hacen sino aumentar la motivación del estudio del sistema de control de tráfico. Para tales fines es necesario generar modelos de simulación y estudio que permitan poder implementar soluciones.

Se presenta pues un sistema capaz de generar un plan de control de semáforos que reduzca la congestión de tráfico en una red, a través de la recopilación de datos en tiempo real sobre el estado del tráfico en esa red.

Para ello se hará uso del lenguaje PDDL, diseñando un dominio que pueda dar solución a los diferentes problemas (alcanzando los objetivos, en nuestro caso una red descongestionada), que representan la situación del tráfico en la red, mediante la ejecución del planificador LAMA y del software necesario para implementarlo. Así mismo se reducirá el impacto sobre el medio ambiente y el tiempo de desplazamiento a través de la red.

El presente documento se estructura en nueve capítulos (de los cuales el primero ya está expuesto). El segundo capítulo conformará la definición de los objetivos que se pretenden alcanzar, mientras que el tercero, establecerá la base para proseguir con el desarrollo. La solución diseñada será mostrada con más detalle en el capítulo 4, pasando así a sus resultados en el capítulo 5. El capítulo 6 será ocupado por la gestión de proyecto. Seguidamente las conclusiones serán alcanzadas en el capítulo 7, dejando las sugerencias y oportunidades de futuros trabajos para el capítulo 8. Finalmente, el capítulo 9 mostrará las referencias y los anexos cerrarán el documento.

2. OBJETIVOS

El propósito de este proyecto es diseñar una solución que mejore las prestaciones del actual sistema de control de los semáforos de las ciudades. Esta solución pretende prevenir y evitar atascos debido a un flujo masivo de vehículos en una red urbana, y de producirse atasco, buscar la mejor manera para descongestionar la red.

Los objetivos del sistema final son los siguientes:

- Un sistema no reactivo (véase subcapítulo 4.2.5)
- Generación de una red urbana teórica para el estudio de la solución diseñada y su fase de testeo.
- Generación del tráfico automovilístico acorde con la red obtenida.
- Simulación del escenario con el control por defecto de los semáforos.
- Generación de problemas PDDL que representen la situación de la red y el estado del tráfico en la misma, así como el estado de los semáforos.
- Generación de los objetivos del planificador, tanto para descongestionar la red en su totalidad como para descongestionar solo una calle, la más congestionada de la red.
- Generación de un dominio PDDL que ejecutado en el planificador LAMA sea capaz de proporcionar un plan de control de semáforos que solviente el problema que se le plantee en cada momento. Dicho plan será alcanzado al conseguir los objetivos del planificador, es decir, una red descongestionada.

- Generación de software que junto con el dominio desarrollado controle la simulación de tráfico en curso.
- Posibilidad de experimentar con el sistema diseñado en varios escenarios en función de: tamaño de la red, cantidad de vehículos y flujo de tráfico (medido en unidades de tiempo).
- Toma de una sección de una ciudad real, como red urbana de prueba.
- Aplicabilidad a una red urbana real, pudiendo observar el rendimiento y los resultados del sistema.
- Posibilidad de comparar los resultados obtenidos tanto en los escenarios teóricos y reales, del sistema ordinario de control de semáforos con la puesta en funcionamiento de la solución diseñada.

Se puede definir como meta final del proyecto la consecución de todos estos requisitos y una clara mejora respecto al sistema de control de semáforos que actualmente rige.

Por último, y no por ello menos importante, este proyecto busca el servir de referencia para futuros proyectos de este mismo ámbito y el poder establecer una base para próximos estudios y trabajos.

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Para abordar los objetivos descritos en el capítulo anterior y comprender mejor la manera en la que se alcanza su cumplimiento, se provee este capítulo, que supone el punto de partida del proyecto y una inmersión en los conceptos básicos del mismo.

3.1. Planificación automática de tareas

La planificación automática es una disciplina de la Inteligencia Artificial (IA) consistente en la resolución de un problema dado un estado inicial del mismo, un conjunto de metas a conseguir para solucionar el problema y una serie de acciones definidas, las únicas que pueden ser usadas para resolver el problema. La salida (y solución) es un plan que se forma a partir de las acciones disponibles elegidas de manera automática y que debe concluir con la resolución del problema planteado [1]. El software que genera el plan y tiene como entradas el dominio y el problema (estado inicial y metas) se denomina planificador.



Ilustración 1. Diagrama del planificador.

3.1.1. PDDL

El *Planning Domain Definition Language* (PDDL) es un intento de estandarización de los lenguajes de planificación de la IA [2]. Desarrollado en 1998 por Drew McDermott y sus colegas, y basado en STRIPS y ADL entre otros, fue uno de los pilares para la celebración de la primera edición de la *International Planning Competition* (IPC). PDDL facilita en gran medida la comparación entre los distintos sistemas de planificación, situándose así como el lenguaje oficial de todas las ediciones de la IPC.

Desde su creación, PDDL ha sido modificado con ampliaciones y mejoras de rendimiento dando lugar a varias versiones evolutivas:

- PDDL 1.2: usado durante las ediciones de los años 1998 y 2000 en la IPC, separó el dominio del problema constituyendo así dos partes individuales.
- PDDL 2.1 [3]: usado en el año 2002 introdujo funciones numéricas posibilitando la cuantificación para el modelado de datos. Las métricas fueron incluidas, permitiendo evaluar la calidad de los planes. También se añadieron las acciones durativas.
- PDDL 2.2 [4]: Lenguaje oficial en la IPC de 2004, el cual incluía como novedad los predicados derivados para modelar la dependencia de los hechos dados con otros hechos.
- PDDL 3.0 [5]: Lenguaje oficial en la IPC de 2006, destacando la inclusión de restricciones de transición de estados y preferencias que adjudican nivel de importancia a los objetos sobre otros.
- PDDL 3.1: Lenguaje oficial en las IPC de 2008, 2011 y 2014 (la última celebrada hasta la fecha) donde aparecieron las funciones-objeto, posibilitando tomar cualquier tipo de valor definido a las funciones.

En este proyecto la versión de PDDL utilizada es la 3.1 pues el planificador elegido es LAMA de la IPC del año 2011.

3.1.2. LAMA

LAMA es un planificador basado en la búsqueda heurística. Su principal característica es el uso de una pseudo-heurística [7] basada en hitos (del inglés *landmark*), expresiones proposicionales que deben ser cumplidas en cada solución de una tarea de planificación. LAMA sigue los pasos de sus predecesores HSP, FF y Fast Downward y basándose principalmente en este último [6]. Las características que lo diferencian son:

- Hitos. LAMA usa estas marcas para hacer una búsqueda directa hacia estados donde se han alcanzado y cumplido muchas de ellas.
- Costes de las acciones. De forma general los planificadores han buscado siempre el coste estimado de alcanzar la solución final. Esto puede ser peligroso pues el planificador puede perder demasiado tiempo en ello y sacrificar el compromiso de la rapidez con la que halla la solución. Por el contrario, LAMA sopesa dicho coste (como medida de calidad del plan) con la distancia estimada

a la meta (como medida del esfuerzo por hacer), combinando los valores para las dos estimaciones.

- Búsqueda continua. Después de encontrar una solución inicial con una primera y ávida (del inglés *greedy*) búsqueda, LAMA continua buscando mejores soluciones hasta que es interrumpido o agota los recursos del hardware que lo ejecuta. En este proyecto nos serviremos únicamente de la primera búsqueda que realiza el planificador para reducir tiempos de ejecución.

El planificador LAMA puede dividirse en 3 módulos:

- El traductor. Módulo encargado de transformar las entradas del planificador en PDDL a una representación multiestado, llamado el formalismo del planificador, que servirá de entrada para el siguiente módulo.
- El compilador. Este módulo es responsable de construir estructuras de datos que desempeñarán el papel principal en la posterior generación de hitos y búsqueda heurística.
- Motor de búsqueda. Haciendo uso de las estructuras de datos generadas por el compilador, este módulo intenta encontrar un plan por medio de la búsqueda heurística junto con algún refuerzo como los operadores prioritarios (similar a las acciones de ayuda de FF).

3.2. Modelo y entorno de simulación

3.2.1. OSM

OSM (OpenStreetMaps) es un proyecto colaborativo para crear mapas libres y editables. Los mapas son creados con información geográfica capturada con dispositivos GPS móviles, orto fotografías y otras fuentes libres que la comunidad de usuarios pueden subir a sus servidores, manteniendo así la información actualizada [8].

3.2.2. SUMO

SUMO (Simulation of Urban MObility) es un simulador de tráfico gratuito y libre disponible desde el año 2001 [9]. SUMO permite el modelado y simulación de tráfico intermodal incluyendo automóviles, transporte público y peatones.

Incluido en el software se encuentra un conjunto de herramientas de soporte que facilitan tareas como generación de rutas, interfaz gráfica de usuario, importación de mapas y cálculo de emisiones. SUMO puede ser reforzado con modelos personalizados y provee varias APIs para remotamente, controlar la simulación [10].

SUMO ha sido utilizado en numerosos proyectos e investigaciones. Prueba de ello son la visita del Papa a la ciudad de Köln (Alemania) en 2005 y el Mundial de fútbol de 2006 en Alemania, donde fue utilizado como herramienta de predicción de tráfico.

3.2.3. PYTHON

Python es un lenguaje de programación caracterizado por una sintaxis diseñada para favorecer un código legible. Se trata de un lenguaje interpretado, que soporta orientación a objetos y programación imperativa y funcional. La característica que lo distingue es el tipado dinámico y la posibilidad de poderse incluir en aplicaciones que necesitan un interfaz programable [11].

3.2.4. TRACI

TraCI (Traffic Control Interface) es una extensión de SUMO que permite la interacción en tiempo real con la simulación. TraCi usa una arquitectura cliente/servidor basada en TCP para garantizar el acceso a SUMO, actuando SUMO como servidor a la espera de conexiones en un puerto fijado mientras que el cliente será el software desarrollado en este proyecto que junto con el planificador controlará la simulación en curso. Puede encontrarse su documentación en [10] en el apartado de extensiones.

3.2.5. ECLIPSE

Eclipse es un conocido entorno de desarrollo integrado de código abierto que inicialmente desarrolló IBM, y que actualmente, pertenece a una fundación sin ánimo de lucro llamada *Eclipse Foundation* [12].

Eclipse facilitará mucho la tarea de ejecución y depuración del código de control de la simulación, siendo la versión utilizada Eclipse 3.8.1, correspondiente a la recomendada para la compatibilidad con el sistema operativo Ubuntu utilizado (Ubuntu 14.04.2 LTS, trusty).

Será configurado con Pydev para programar en el lenguaje elegido, Python.

3.3. TRABAJOS DE APOYO Y SIMILARES

Este proyecto se basa en un estudio previo (no se referenciará ya que no fue publicado como tal), perteneciente a Matija Gulic en el contexto de la acción *Autonomic Road Transport Support Systems* (ARTS) [13].

Dicha base consiste en una arquitectura más simple que la que este proyecto expone: un script Python con menos funcionalidades, un dominio más primitivo, 2 niveles de densidad de tráfico en lugar de 5, la existencia de una sola aplicación o prueba, y lo más importante, la solución hallada no respondía en su totalidad a la definición de sistema no reactivo (véase esta definición en el subcapítulo 4.2.5).

Se trata del primer acercamiento al tema que encabeza este proyecto, una guía fundamental en la consecución de los objetivos: el hecho de poder ir un paso más allá en el desarrollo de un diseño más sofisticado radica en el comienzo desde una base bien formada y que ha mitigado una de las grandes dificultades del proyecto (la familiarización con el software y el entendimiento del propósito del proyecto).

Para el entendimiento y funcionamiento de SUMO se puede consultar otros proyectos como “Modelo de simulación y planificación de paradas de autobús mediante SUMO” de Juan Antonio Jiménez [14], que planifica paradas de autobús para una red, o como por ejemplo (combinando SUMO con semáforos inteligentes) el trabajo fin de máster “Optimización del tráfico rodado en ciudades inteligentes” [15] muy relacionado con el tema pero en el que la solución diseñada pasa por la instalación de dispositivos en los semáforos que cambien las rutas de los vehículos evitando así el tráfico para llegar a sus destinos finales.

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se expondrá toda aquella información que se considera de relevancia en relación al desarrollo del sistema objetivo. Para una mejor comprensión se ha dividido en 4 subcapítulos. En el primero de ellos, se analizará el sistema con sus características, restricciones y requisitos. En el segundo subcapítulo se abordará la arquitectura a grandes rasgos de la solución, siendo el nivel de mayor abstracción. El

tercer subcapítulo contendrá el modelado de datos focalizado en una aproximación a la arquitectura del software y todas las partes que lo componen. Por último se profundizará en cada módulo integrante del sistema total, siendo éste el nivel de mayor detalle.

4.1. Análisis del sistema

4.1.1. Descripción de las características funcionales

A grandes rasgos las características funcionales que el sistema debe poseer son:

- Simulación de tráfico urbano sin ningún tipo de monitorización.
- Simulación de tráfico monitorizado, para evitar y corregir el tráfico.
- Creación de software capaz de interactuar con el simulador, recibiendo datos de la simulación y enviando órdenes para ser ejecutadas.
- Detección de congestión del tráfico en la red.
- Generación de problemas PDDL que junto con el dominio a diseñar, obtengan un plan de actuación al ser ejecutados en un planificador.
- Implementar el plan generado en los semáforos de la red.
- Generación de un informe de la simulación a su finalización.
- Capacidad de ser modificadas ciertas características del sistema como el número de niveles de densidad o la meta única (véase subcapítulo 4.4.1).
- Configuración de la interfaz gráfica de usuario.

4.1.2. Restricciones del sistema

En este subcapítulo se detallan las restricciones del sistema debidas al hardware y al software.

En cuanto al software, no ha habido ninguna restricción remarcable, tanto los programas utilizados como el sistema operativo (Ubuntu) eran de código abierto y no han dado problemas, aunque al ser un simulador relativamente nuevo y experimental se ha echado en falta más documentación sobre el mismo.

Las mayores restricciones vienen impuestas por el hardware. El sistema precisa de una alta capacidad de cálculo para computar todas las

posibilidades que puede llevar a cabo el dominio ante diferentes problemas. El planificador en la primera red de prueba (la más pequeña) tarda un orden de 20 s por ejecución y en la segunda (y más grande) alrededor de 1 minuto. Cuando se ejecuta sobre el escenario real (red más pequeña pero dominio más grande) tarda 2 min de media aproximadamente, llegando a extremos en los que una sola ejecución del planificador alcanza los 10 minutos.

Teniendo en cuenta que este sistema debe ser implementado en un escenario en el que pretende reducir el tiempo de espera de los conductores son condiciones muy restrictivas.

4.1.3. Especificación de requisitos

El sistema se desarrollará cumpliendo una serie de requisitos funcionales (RF) y no funcionales (RNF). A continuación se presentan los mismos:

RF-001: Ejecución con dominio y problema			
Descripción	El planificador se podrá ejecutar utilizando un dominio y un problema escritos en PDDL.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 1. RF-001.

RF-002: Meta única			
Descripción	El usuario podrá establecer problemas PDDL con una meta por problema.		
Prioridad	Baja	Necesidad	Baja

Tabla 2. RF-002.

RF-003: Simulación no monitorizada			
Descripción	El sistema podrá ejecutar una simulación sin monitorización del tráfico.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 3. RF-003.

RF-004: Interacción con simulador			
Descripción	El sistema podrá interactuar con el simulador, intercambiando información sobre la simulación.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 4. RF-004.

RF-005: Detección de congestión			
Descripción	El sistema será capaz de detectar la congestión del tráfico en la red.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 5. RF-005.

RF-006: Solución			
Descripción	El sistema será capaz de obtener un plan de corrección o prevención del tráfico.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 6. RF-006.

RF-007: Niveles de densidad			
Descripción	El usuario podrá determinar el número de niveles de densidad: 2 o 5.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 7. RF-007.

RF-008: Monitorización			
Descripción	El sistema deberá ser capaz de monitorizar el tráfico para su evaluación de ser necesaria.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 8. RF-008.

RF-009: Sumario			
Descripción	El sistema generará un sumario de la simulación a su finalización.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 9. RF-009.

RF-010: Interfaz gráfica de usuario			
Descripción	El sistema permitirá la visualización de la interfaz gráfica de usuario.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 10. RF-010.

RF-011: Programación de semáforos			
Descripción	El sistema debe ser capaz de reprogramar los semáforos acorde con el plan solución.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 11. RF-011.

RF-012. Sistema no reactivo			
Descripción	El sistema debe responder a la definición de sistema no reactivo en el sentido especificado en 4.2.5.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 12. RF-012.

RF-013: Escenarios I			
Descripción	El sistema podrá ser ejecutado en cualquier red, tanto teórica como real.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 13. RF-013.

RF-014: Escenarios II			
Descripción	El sistema podrá obtener escenarios reales de OSM.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 14. RF-014.

RF-015: Escenarios III			
Descripción	El sistema podrá generar redes no reales, teóricas.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 15. RF-015.

RF-016: PDDL			
Descripción	EL sistema debe ser capaz de generar un dominio y problemas PDDL que representen la situación de la red y las acciones a aplicar sobre el tráfico que la transita.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 16. RF-016.

RF-017: Tráfico			
Descripción	El sistema generará tráfico para ser inyectado en la red urbana.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 17. RF-017.

RNF-001: Plataformas			
Descripción	El sistema se podrá ejecutar en sistemas operativos Windows, Linux y Mac OS X, siempre que tenga el software necesario instalado y configurado		
Prioridad	Baja	Necesidad	Alta

Tabla 18. RNF-001.

RNF-002: Lenguaje			
Descripción	El software generado deberá estar en el lenguaje de programación Python.		
Prioridad	Alta	Necesidad	Alta

Tabla 19. RNF-002.

4.2. Arquitectura del sistema

La arquitectura de la solución permite obtener un diseño de alto nivel del sistema, identificando y definiendo los módulos de los que consta, así como las relaciones que existen entre los mismos. El diseño realizado en este proyecto viene muy marcado por la arquitectura de los planificadores PDDL y la forma en la que se puede establecer comunicación con el software SUMO.

Dicho diseño puede observarse en la Ilustración 2, dividido en módulo de entrada, modulo central para la simulación en SUMO y los módulos que realmente llevan a cabo la implementación de la solución presentada: el módulo de control de simulación y el módulo de planificación PDDL.

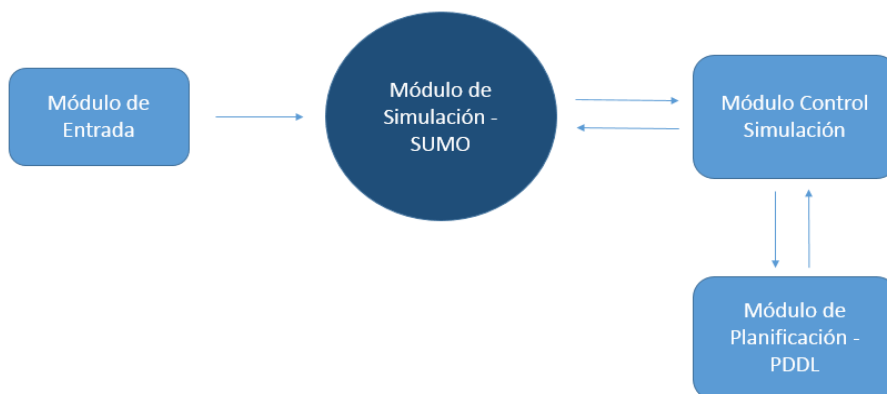


Ilustración 2. Módulos integrantes del sistema.

Como se ha recalcado, este diseño viene determinado fuertemente por la relación establecida entre el planificador y SUMO. Para poder controlar la simulación y poder obtener datos de ella en cada instante de tiempo (como el estado y variables como el nivel de emisiones o el número de vehículos en la red) es necesario establecer una conexión

con el simulador a través de la interfaz de control de tráfico, TraCI (subcapítulo 3.2.4). La arquitectura de conexión estará basada en TCP donde SUMO actuará como servidor, y el script Python desarrollado como cliente (Ilustración 3).

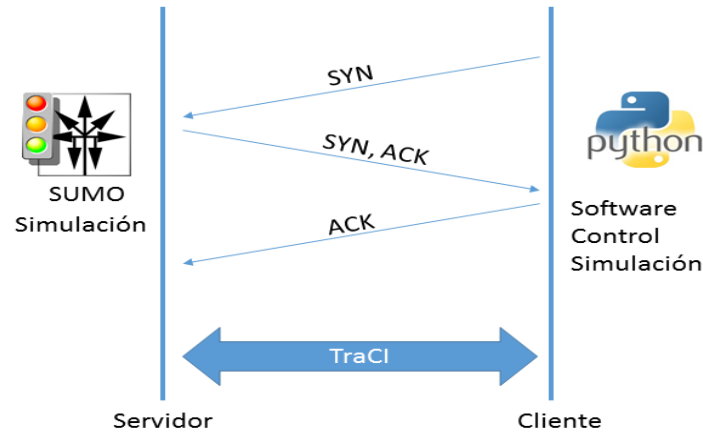


Ilustración 3. Conexión TCP SUMO – TraCI.

4.2.1. Módulo de Entrada

Este módulo contendrá todas las entradas del sistema, tanto del usuario directamente, como de los diferentes submódulos que generarán las entradas para la simulación. Se trata de la sección de mapa a estudiar, el flujo de tráfico, y las opciones disponibles para el usuario entre otras. Será estudiado en profundidad más adelante.

4.2.2. Módulo de Simulación – SUMO

Propiamente la simulación de tráfico. Este módulo formado íntegramente por Sumo recibirá como entrada las opciones del usuario, el escenario y el flujo de tráfico, así como configuraciones adicionales como las que rigen la interfaz gráfica de usuario. A su vez, será el servidor que almacene toda la información relevante para que el planificador PDDL pueda operar y mandar la respuesta de vuelta con el plan resultante de cada situación que requiera su uso.

4.2.3. Módulo de Control de Simulación

Módulo principal de la solución diseñada, implementa la unidad de IA y decide en qué momento y cómo debe seguir la ejecución de la aplicación. Supone la conexión entre la simulación y el entorno de aplicación con el planificador PDDL, obteniendo las variables de estado que reporta la simulación, una respuesta que supone el prescindir o no

del planificador. De tratarse de este último caso, a partir de las variables de estado genera el problema PDDL y lo traslada al módulo planificador para obtener el plan de acción.

4.2.4. Módulo de Planificación – PDDL

Supone el planificador utilizado como el dominio diseñado. Especificado ya el planificador (LAMA) y su manera de actuar y el dominio que será detallado más adelante, este módulo recibirá un problema diferente cada vez que se sea necesario su uso. Cada problema diferirá del anterior en su estado inicial y en sus metas, para hacer la representación más fiel posible de la situación del tráfico en ese instante de tiempo.

4.2.5. Funcionamiento del sistema

Para explicar el funcionamiento general del sistema se hará uso de un diagrama de flujo de alto nivel, correspondiente a la Ilustración 4. Dicho diagrama será explicado a continuación con el objetivo de entender el funcionamiento principal del sistema, dejando los detalles sobre clases, archivos, opciones, módulos y submódulos y detalles de bajo nivel pendientes para los apartados reservados para ello (subcapítulos 4.2 y 4.3).

Una vez iniciado el programa, se comprueban las opciones que ha introducido por comando el usuario y que la red introducida y el archivo que describe el flujo del tráfico son coherentes. Las rutas descritas para el flujo de tráfico deben estar contenidas dentro de la red (véase subcapítulo 4.2). Si dichos argumentos de entrada son erróneos por algún motivo, aquellos correspondientes a las opciones del usuario tomarán su valor por defecto mientras que los errores en archivos de entrada y similares serán reportados por SUMO, el cual nos señalará el error en particular.

Empezamos la simulación, en la que a cada paso se evalúa el tráfico. Para poder entender la parte principal de la aplicación se debe explicar un concepto fundamental del diseño.

Como se ha fijado en los objetivos del proyecto, el sistema debe ser un sistema no reactivo, es decir, un sistema que no mantenga una continua interacción con su entorno, respondiendo a estímulos externos a cada instante. Este requisito en el ámbito de un sistema de control de tráfico

se traduce en no solo descongestionar las calles que en un instante de tiempo están saturadas, sino prever hacia qué calles va a ser desviado ese tráfico y evitar que se congestionen también. Dado que los cruces son controlados por semáforos que regulan el flujo de automóviles debe ser llevado a la práctica a través de ellos.

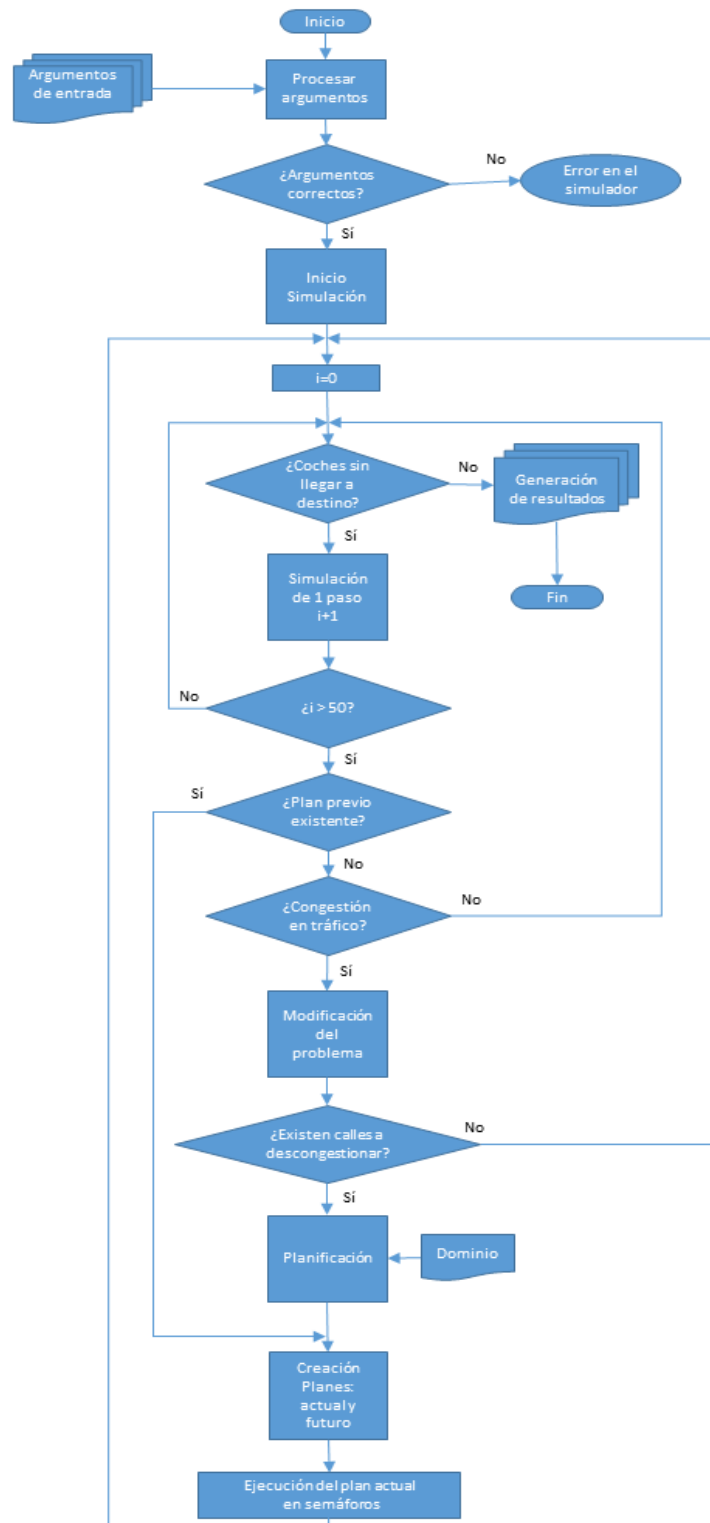


Ilustración 4. Diagrama de flujo de alto nivel.

Siendo así, la idea radica en no establecer un conjunto de reglas para un semáforo (a nivel local del mismo) sino prever hacia qué calles se va a desviar el tráfico desde un cruce en instantes posteriores a ser configurado el semáforo que controla ese cruce, (a través de una acción del planificador) y en función de esas calles, configurar los semáforos que las controlan pasado un intervalo de tiempo prudente (establecido en 50 pasos unitarios de tiempo) para ver si realmente la previsión realizada se ha cumplido. De esta manera pueden ser relacionados 2 o más cruces para evitar la congestión hasta el destino final del automóvil que, desde el punto de vista del planificador será, cuando éste acceda a una calle en la que la previsión realizada establezca que su densidad de tráfico es baja. Esto origina una división del plan ofrecido por el planificador: un plan que se ejecutará en el mismo instante de tiempo (actual) y otro plan (futuro) que se ejecutará más adelante. Algo que evita tener que ejecutar el planificador a cada instante, con el correspondiente ahorro de recursos y tiempo.

Ligando este razonamiento al diagrama, si todavía queda tráfico por atravesar la red se simulan 50 pasos unitarios de tiempo antes de evaluar el tráfico y seguir con el funcionamiento del sistema.

Una vez pasado ese periodo, y si no existe un plan ya existente (es decir, un plan futuro guardado en un instante anterior al actual), se procede a actualizar los predicados no estáticos del problema (ahorrando así tiempo al no tener que volver a crear el problema de cero, solo el estado del tráfico y los semáforos y las metas) y las metas del mismo y junto con el dominio diseñado (que contiene todas las acciones diseñadas) se ejecuta el planificador.

Antes de ejecutar el planificador se comprobará siempre que existen metas a alcanzar, es decir, calles que descongestionar. Esto es así pues el sistema fija como meta descongestionar la red, mientras que el sistema detecta que hay congestión cuando un vehículo lleva un periodo largo de tiempo parado, que al fin y al cabo es lo que más importa cuando te encuentras en un atasco, el tiempo que pierdes en él.

El plan obtenido se divide en dos: el plan a ejecutar en el instante de tiempo en el que nos encontramos y otro plan para ejecutar posteriormente. El criterio que sigue para esta división es la comprobación de si se cumplen realmente las condiciones para ejecutar una determinada acción. Las acciones que pasan al plan actual son

ejecutadas y las restantes son almacenadas para comprobar si se pueden ejecutar en la próxima iteración (pasado el intervalo de 50 pasos). Si es así y sus precondiciones se cumplen significa que la previsión realizada por el sistema sobre el comportamiento del tráfico después de ejecutar el plan anterior es correcta.

Cuando el plan futuro se vacía, y es necesario, se vuelve a ejecutar el planificador con el dominio y el problema debidamente actualizado.

Si todos los vehículos llegan a su destino, la simulación se acaba y a la salida se genera el informe de la simulación.

4.3. Modelo de datos

El modelo de conocimiento del sistema queda estructurado por la propia arquitectura interna de cada software utilizado (tanto como desarrollado en este proyecto como el externo) y por la combinación de los mismos, así como de los archivos que se precisan para poder implementar la solución diseñada.

Dado el gran tamaño de dicho modelo, éste se dividirá en secciones siguiendo el criterio estructural que impone SUMO, desde una perspectiva general hasta el más bajo nivel de abstracción.

4.3.1. Esquema general

Comenzando con el diagrama básico de la Ilustración 5 se puede apreciar los componentes de la simulación para su inicio. Se trata del módulo que indica la entrada (con la red y las rutas de los vehículos que conformaran el tráfico), del módulo de salida (donde se especificará el destino del sumario una vez finalizada la simulación), del módulo de procesado (en él se especifican opciones de la simulación como la opción que permite a los coches el cambio de carril en la misma calle) y del módulo de la interfaz gráfica de usuario (con los ajustes para la misma). A continuación se detallarán todos y cada uno de ellos, bajo el nombre de subsistemas.

4.3.2. Subsistema de entrada

Este subsistema abarca todas las entradas que recibe SUMO para la simulación, originando dos sistemas de menor nivel (sin descomposición):

- Red. Suministra al simulador la red urbana a estudiar, a través de sus atributos que la describen (localización, calles, semáforos, nodos y conexiones). Su diagrama corresponde a la Ilustración 6.
- Rutas. Suministra vehículos y rutas, que conformarán el tráfico de la red. Viene descrito por sus atributos identificador (id), salida y el conjunto de calles que forman la ruta (Ilustración 7).

Las opciones de usuario serán detalladas como entrada en el subcapítulo 4.3.1, pues SUMO no las contempla en su modelo de conocimiento dado que no son necesarias para la simulación directamente.

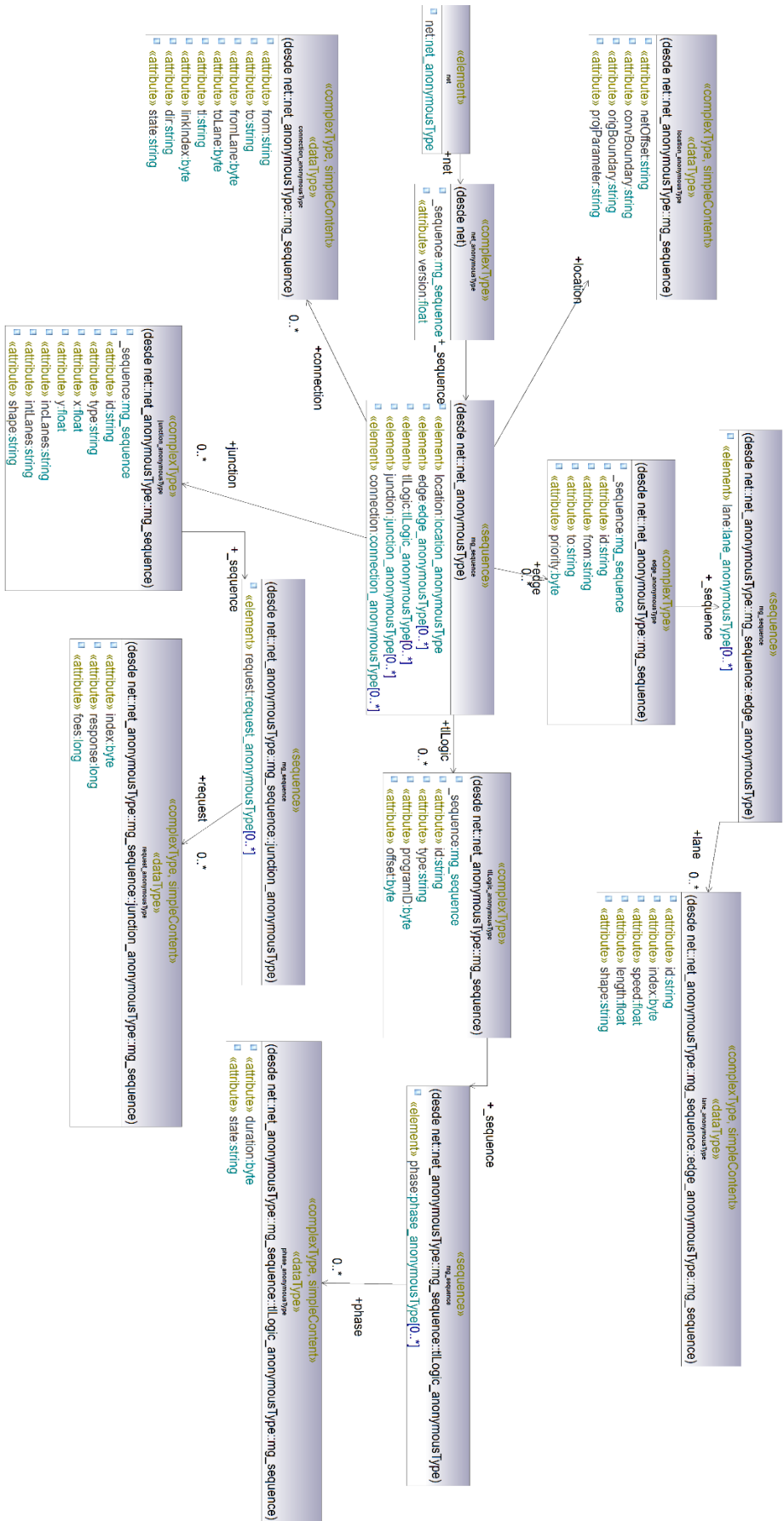


Ilustración 6. Sistema de bajo nivel: Red.

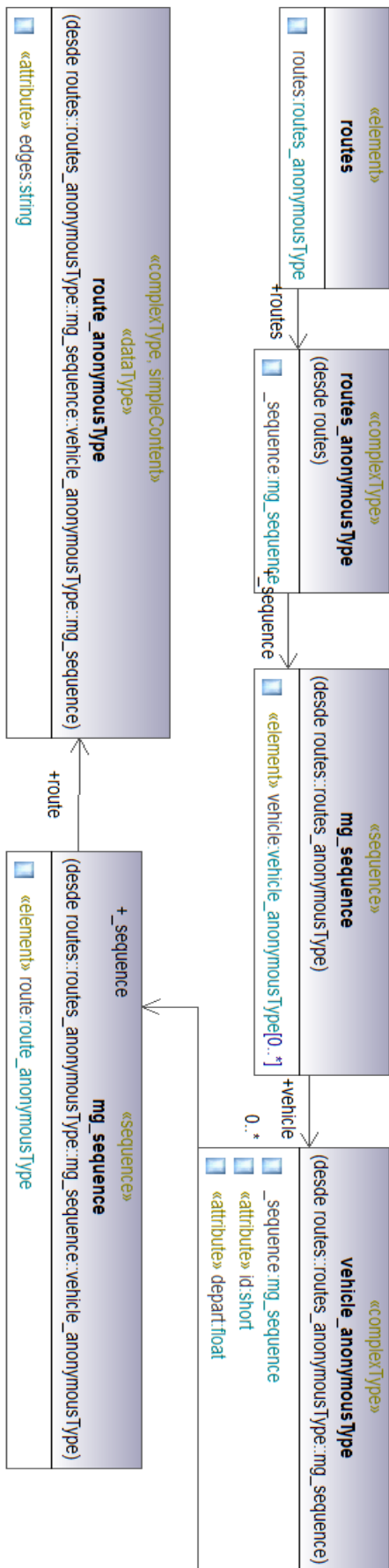


Ilustración 7. Sistema de bajo nivel: Rutas.

4.3.3. Subsistema de salida

Dicho subsistema se reduce a la salida de la simulación, que corresponde al sumario en cada instante de la misma. Es útil para consultar por ejemplo cuántos coches hay cargados en la red y cuántos insertados en cada instante de tiempo (entre otros atributos). Corresponde a la Ilustración 8.

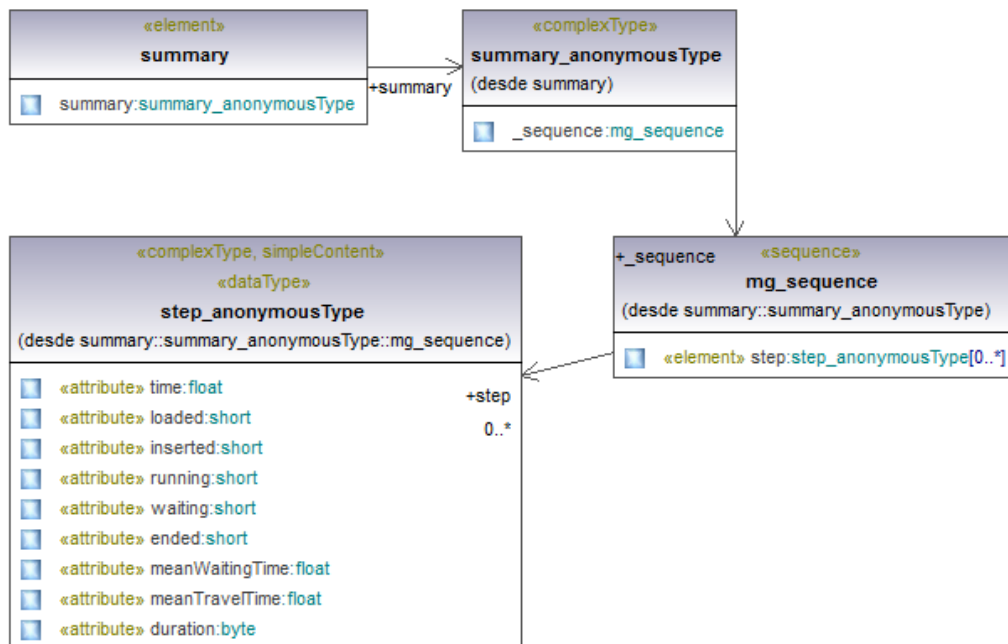


Ilustración 8. Sistema de bajo nivel: Sumario.

4.3.4. Subsistema de procesado

Este subsistema no posee ningún sistema de menor nivel por debajo ya que especifica las opciones del simulador. Aunque en este proyecto solo se especificarán dos, el simulador SUMO permite muchas más [10].

4.3.5. Subsistema de interfaz gráfica de usuario

El último subsistema pertenece al encargado de configurar la interfaz gráfica de SUMO. Este subsistema entrará en juego cuando la opción del uso de la interfaz gráfica de usuario esté activa por parte del mismo (lo está por defecto, a no ser que el usuario solicite expresamente una ejecución sin interfaz gráfica por línea de comando). Este sistema de bajo nivel corresponde con la Ilustración 9.

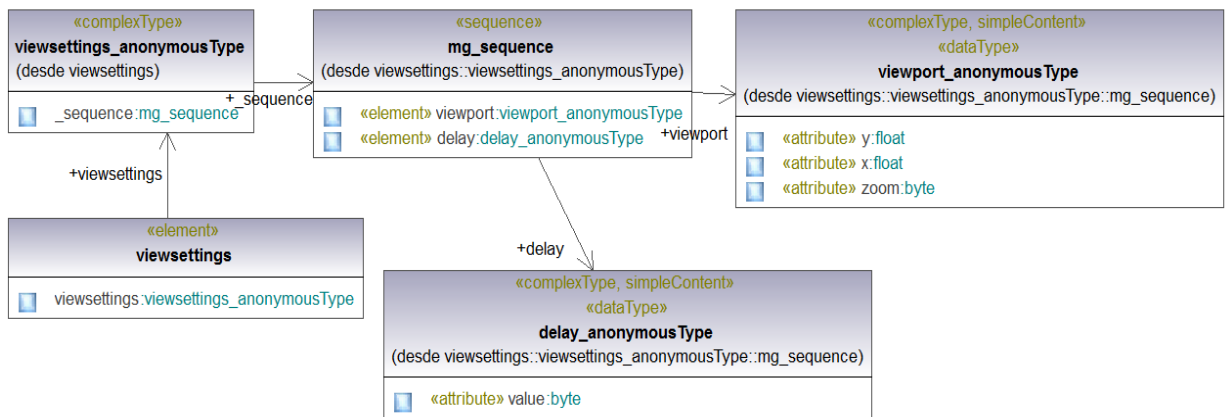


Ilustración 9. Sistema de bajo nivel: Opciones de la interfaz gráfica de usuario.

4.4. Diseño detallado

A partir de la arquitectura del sistema (Ilustración 2), y descomponiendo los módulos de más alto nivel en submódulos, con sus entradas y salidas, y su funcionalidad; se completará la descripción completa del sistema diseñado.

Como ya se indicó en la descripción del simulador (subcapítulo 3.2.2.), SUMO posee un conjunto de herramientas (ST, siglas en ingles de *SUMO Tool*) que facilitan muchas de las tareas necesarias para su correcto funcionamiento y que serán muy útiles para el desarrollo de este proyecto.

Comenzando por el Módulo de entrada (ME), analizaremos todo lo anteriormente mencionado según la Ilustración 10.

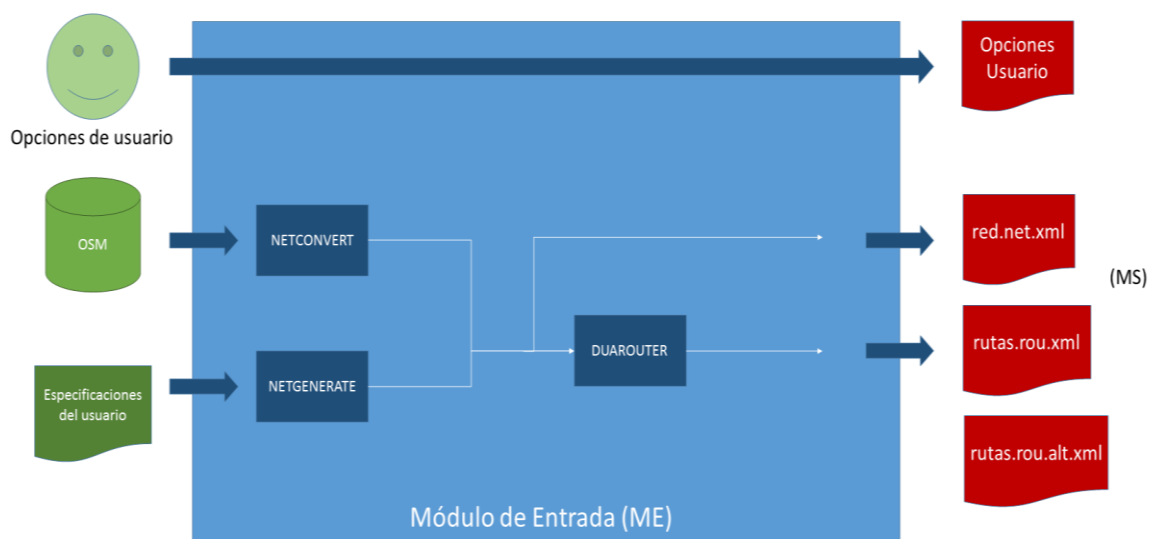


Ilustración 10. Módulo de entrada.

4.4.1. ME: Opciones de usuario

Las opciones de usuario disponibles para modificar las funcionalidades de la aplicación son:

- -h, --help. Muestra el mensaje de ayuda y sale.
- --nogui. Desactiva la interfaz gráfica de usuario. (Por defecto=false).
- --printsumresult. Imprime el sumario de la simulación. (Por defecto=false).
- --monitoring. Monitoriza el tráfico y activa la unidad IA para evitar la congestión de la red. (Por defecto=false).
- --singlegoal. Meta única para el planificador. (Por defecto=false).
- --densitylevels. Numero de niveles de densidad: 2 ó 5, regula la precisión del sistema. (Por defecto=5).

Los niveles de densidad podrán ser: *very low*, *low*, *moderate*, *high* y *very high* (cuando se soliciten 5 niveles) y *low* y *high* (para 2 niveles).

4.4.2. ME: NetGenerate

El primero de los submódulos (ST), NETGENERATE genera una red a partir de las especificaciones del usuario. Puede generar redes en forma de tela de araña, aleatoria y en forma de parrilla (del inglés *grid*) y al gusto del usuario con sus opciones (su documentación puede encontrarse en [10] en el apartado de herramientas). Se hará uso de esta herramienta para la generación de las redes teóricas (ambas con forma *grid* pero de diferente tamaño).

Las redes en SUMO tienen el formato *.net.xml.

4.4.3. ME: NetConvert

Submódulo [11] que posibilita la aplicación del proyecto a un escenario real. Obtiene una sección de mapa desde OSM (mapa.osm.xml), ya sea por id de la zona a seleccionar o por coordenadas de la zona deseada y lo convierte a un archivo red de SUMO (mapa.net.xml). En este proyecto se ha utilizado para acceder a la funcionalidad de este módulo un script (server.py, ST) que hace uso de NETCONVERT y permite seleccionar la red visualmente desde el mapa, lo que facilita la obtención (Ilustración 11).

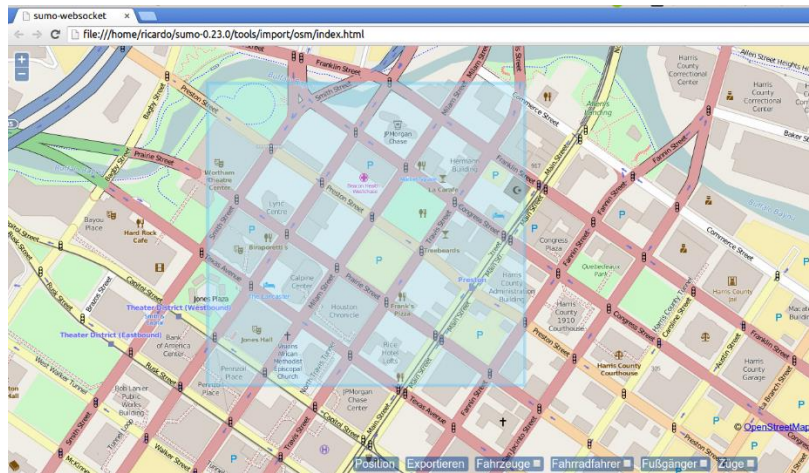


Ilustración 11. Ejecución script server.py, selección de zona a importar.

4.4.4. ME: Duarouter

Submódulo generador del tráfico que ingresará en la red urbana obtenida (o creada). DUAROUTER (su documentación puede encontrarse en [10] en el apartado de herramientas) genera un número determinado de vehículos en un determinado intervalo de tiempo y para la red que viene como entrada. Genera un archivo de rutas con el id de los vehículos, instante en el que parte cada uno y el conjunto de calles que forman la ruta de cada uno de ellos. El formato de este archivo es rutas.rou.xml. Para este proyecto se han elegido rutas aleatorias para su experimentación a través de otro script (randomTrips.py, ST) con parámetros de entrada la red urbana, el número de vehículos y el intervalo de tiempo para insertarlos todos en la red de manera uniforme. Genera un archivo extra que aunque no participa en la simulación, ofrece información más detallada sobre las rutas (rutas.rou.alt.xml).

Con el módulo de entrada expuesto, es turno del módulo de simulación (MS). Este módulo (Ilustración 12) se basa principalmente en el planificador SUMO.

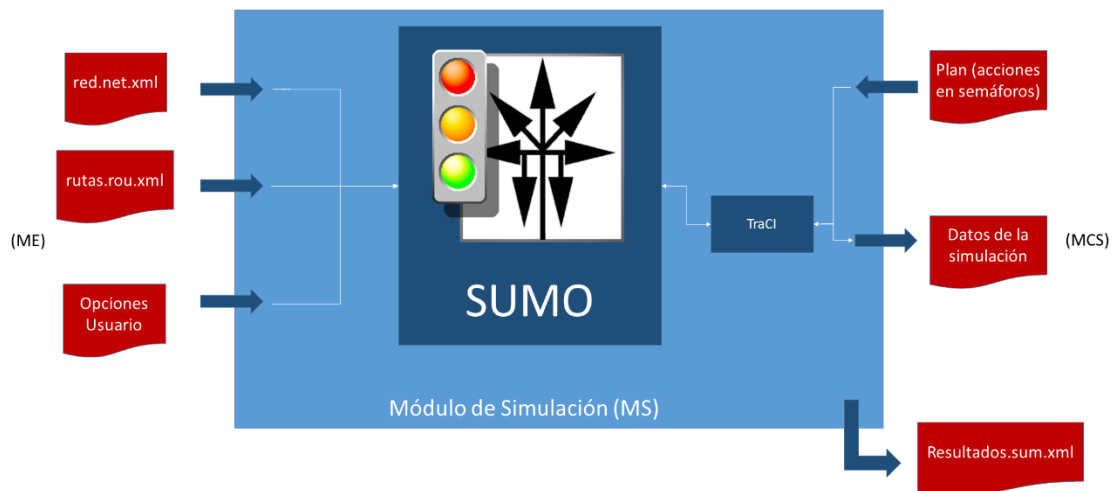


Ilustración 12. Módulo de simulación.

4.4.5. MS: SUMO

Complementado el subcapítulo 3.2.2 y lo ya mencionado sobre su conexión con el módulo de control de simulación (MCS), cabe destacar su diagrama modular (Ilustración 13) y su amigable interfaz gráfica de usuario. En este módulo se puede encontrar el Submódulo ya nombrado anteriormente TraCI (subcapítulo 3.2.4).

Se puede apreciar las entradas (red y tráfico) provenientes de ME y la proveniente de MCS (plan calculado por el módulo de planificación). Como salidas, información sobre la simulación (a través de TraCI) y el sumario de la simulación (generado una vez terminada la misma).

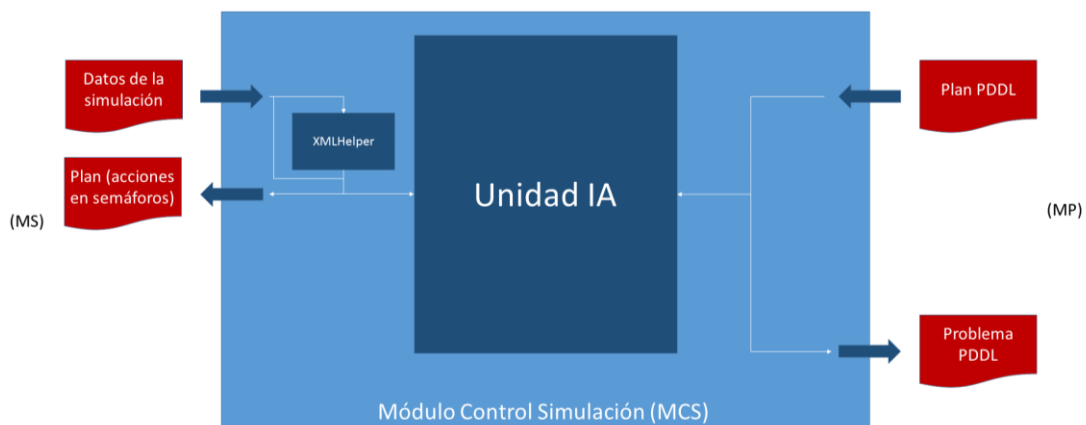


Ilustración 13. Módulo de control de simulación.

La interfaz gráfica de usuario (Ilustración 14), permite la variación de los parámetros de configuración establecidos en el subsistema con el mismo nombre (subcapítulo 4.2.5) para una mejor visualización y un

mejor análisis en tiempo real de la simulación, permitiendo detenerla y reanudarla en cualquier instante.

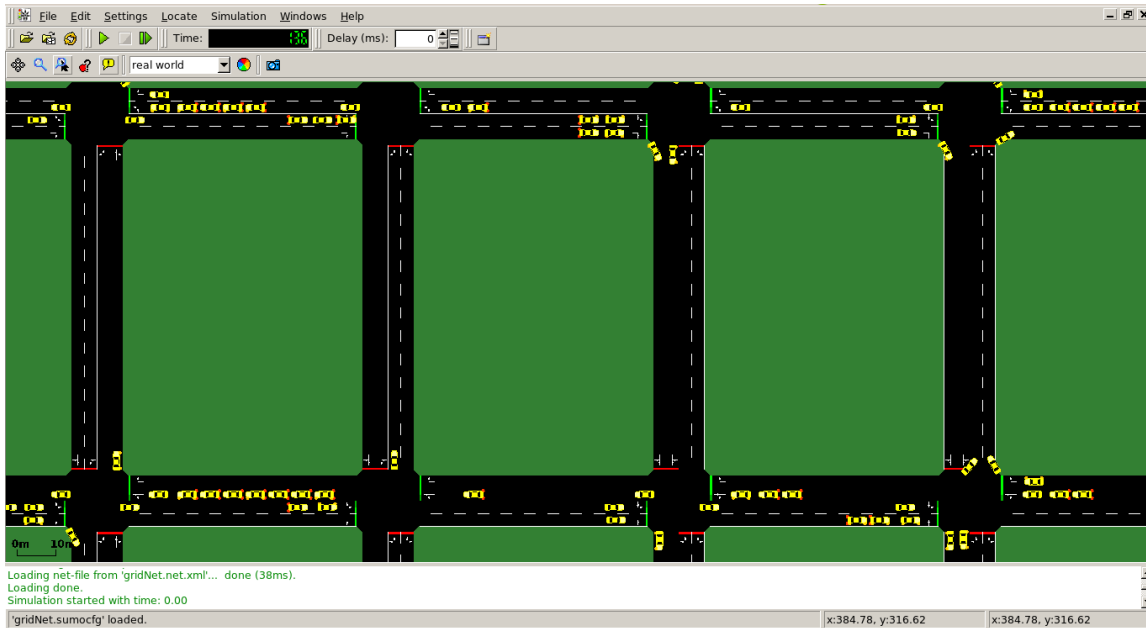


Ilustración 14. Interfaz gráfica usuario SUMO.

4.4.6. MCS: Unidad IA y xmlHelper

Teniendo el diagrama del módulo de control de la simulación (Ilustración 13) se puede observar que el submódulo principal es el denominado Unidad IA, que corresponde al script desarrollado en Python que controla la simulación y la conecta con el módulo de planificación (MP). En este módulo se encuentra un submódulo llamado xmlHelper (diseñado por el usuario), que de ser necesario descompone los archivos XML de entrada del módulo MS (red y rutas) a través de los datos de la simulación a la entrada para obtener información sobre ellos, como el número de coches o la relación de calles para poder establecer la condición de dirección contraria entre las que corresponda.

Este módulo (MCS) es el esqueleto principal del sistema, pues actúa de traductor de la información suministrada por el simulador SUMO a PDDL y de los planes PDDL a directivas para el simulador para implementar la solución de los planes en los semáforos.

El sistema posee una tabla de conversión para traducir los niveles numéricos de densidad de las calles ofrecidos por SUMO a niveles de densidad PDDL (Tabla 20).

Intervalo numérico (SUMO)	Nivel de densidad PDDL (2 niveles)	Nivel de densidad PDDL (5 niveles)
$0 \leq \text{densidad} < 0.12$	Low	Very-low
$0.12 \leq \text{densidad} < 0.25$	Low	Low
$0.25 \leq \text{densidad} < 0.4$	Low	Moderate
$0.4 \leq \text{densidad} < 0.52$	Low	High
$0.52 < \text{densidad}$	High	Very-high

Tabla 20. Conversión niveles de densidad (SUMO-PDDL).

Los intervalos mostrados en la tabla fueron obtenidos a través de la experimentación y el estudio del comportamiento del simulador SUMO.

Del mismo modo existe una tabla para los estados en los que se encuentran los semáforos (donde los estados SUMO en minúscula indica que el semáforo está a punto de cambiar de estado, pero como la simulación se detiene hasta que recibe la configuración nueva de MCS no reciben ningún trato especial por parte del sistema):

Estado semáforo (SUMO)	Estado semáforo (PDDL)
R, r	red
Y, y	yellow
G, g	green

Tabla 21. Conversión niveles de estados de los semáforos (SUMO-PDDL)

Combinando la Tabla 21 y la Tabla 22 junto con los predicados del dominio (véase subcapítulo 4.4.8) la conversión en el sentido SUMO – PDDL queda definida.

La conversión en sentido PDDL – SUMO se basa principalmente en la traducción del plan PDDL a directivas para cambiar los estados de los semáforos en SUMO. Esto es posible con funciones de la Extensión TraCI (subcapítulo 3.2.4.). En la siguiente tabla de conversión PDDL – Unidad IA se traducen todas las posibles acciones del dominio, denominando por una “x” que es indistinto a que acción se refiera siempre que la demás sintaxis sea semejante a la del nombre de la acción:

Acción (PDDL)	Funciones IA
x-green-to-one-red-two	<code>set_tl_to_all_red_state(tlID)</code> <code>set_tl_state_from_and_to_edge(tlID,edgeInID,edgeOut1ID, TL_GREEN)</code>
x-green-to-two-red-to-one	<code>set_tl_to_all_red_state(tlID)</code> <code>set_tl_state_from_and_to_edge(tlID,edgeInID,edgeOut1ID, TL_GREEN)</code> <code>set_tl_state_from_and_to_edge(tlID,edgeInID,edgeOut2ID, TL_GREEN)</code>
x-green-to-all-ways	<code>set_tl_to_all_red_state(tlID)</code> <code>set_tl_state_from_and_to_edge(tlID,edgeInID,edgeOut1ID, TL_GREEN)</code> <code>set_tl_state_from_and_to_edge(tlID,edgeInID,edgeOut2ID, TL_GREEN)</code> <code>set_tl_state_from_and_to_edge(tlID,edgeInID,edgeOut3ID, TL_GREEN)</code>
x-red-to-all-ways	<code>set_tl_to_all_red_state(tlID)</code>
x-red-to-two	<code>set_tl_to_all_red_state(tlID)</code>

x-green-and-red-to-one	<pre> set_tl_to_all_red_state(tlID) set_tl_state_from_and_to_edge(tlID,edgeInID, edgeOut1ID, TL_GREEN) set_tl_state_from_and_to_edge(tlID,edgeInID, edgeOut2ID, TL_RED </pre>
x-green-to-two	<pre> set_tl_to_all_red_state(tlID) set_tl_state_from_and_to_edge(tlID,edgeInID, edgeOut1ID, TL_GREEN) set_tl_state_from_and_to_edge(tlID,edgeInID, edgeOut2ID, TL_GREEN) </pre>

Las funciones IA de la tabla son las encargadas de utilizar las funciones de TraCI, terminando así la conversión de PDDL a SUMO. A continuación, y a modo de ejemplo, se explica una conversión PDDL - SUMO:

Después de ejecutarse el planificador con el dominio y el problema, se genera un plan con las acciones a seguir para solucionar la situación de congestión de la red. Una de las posibles acciones que pueden aparecer en el plan es “l-green-to-two-red-to-one tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0tobottom1 s_1/0to2/0”.

Teniendo esta acción, la unidad IA coge por separado los identificadores de los objetos de la acción:

tlID = 1/0

crossingID = 1/0

edgeInID = 1/1to1/0

edgeOut1ID = 1/0to0/0

edgeOut2ID = 1/0tobottom1

edgeOut3ID = 1/0to2/0

Una vez con las referencias a los objetos, se fijan todos los estados del programa del semáforo (véase funcionamiento de un semáforo en subcapítulo 4.4.8) a “red” para evitar colisiones con el nuevo programa del semáforo. Seguidamente se configura el semáforo según lo que

indica el predicado, en este caso cambiar 3 estados del semáforo (dos a “Green” y dos a “red”) determinados por los objetos. El último de ellos ya se ha cambiado debido al reseteo a “red” inicial. Para los dos restantes se fijan a “G” los estados que tienen como calle de entrada edgeInID y las calles de salida edgeOut1ID y edgeOut2ID respectivamente.

Así queda el programa de estados listo para configurarlo en el semáforo a través de la función TraCI:

```
traci.trafficlights.setRedYellowGreenState(tlID, tlProgram)
```

Como resultado se tiene el semáforo reconfigurado con el plan solución y la conversión PDDL – SUMO realizada.

Por último, se detalla el módulo de planificación (Ilustración 15).

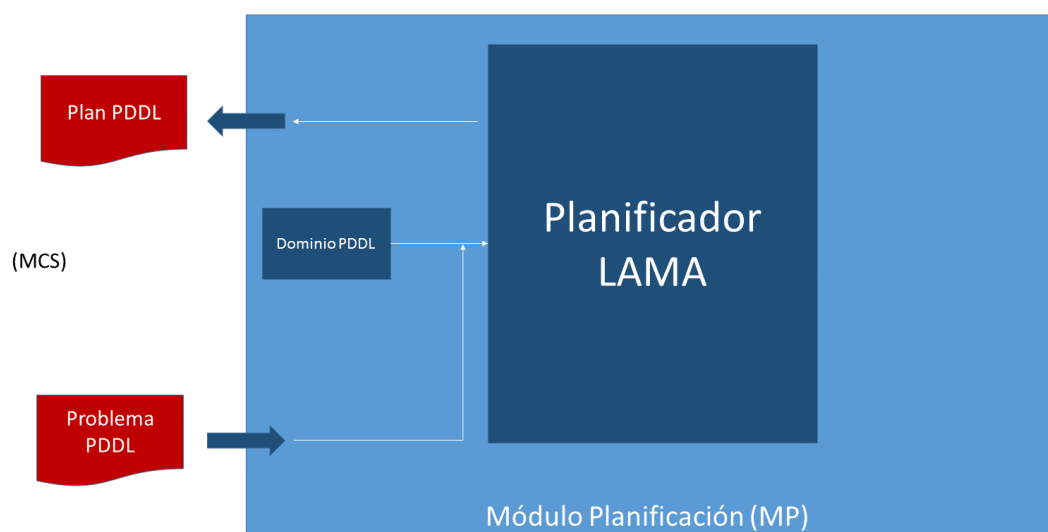


Ilustración 15. Módulo de planificación.

4.4.7. MP: Planificador LAMA

El planificador es el elemento que da nombre a este último módulo. Lama es el planificador elegido (subcapítulo 3.1.2) que devuelve a la salida el plan de configuración de semáforos cogiendo de la entrada el problema actualizado a la situación del tráfico y el dominio.

4.4.8. MP: Dominio PDDL

Dominio diseñado para que al ser utilizado por LAMA, pueda resolver el problema del tráfico y alcanzar las metas establecidas.

16 sería “GGGGRRRRGGGGRRR”, que corresponde a los movimientos permitidos del 0 al 14 (según la ilustración).

Para cubrir todos los casos se ha estructurado el problema de cada cruce como: una calle de entrada (S_{in}) y 3 de salida (S_{out1} , S_{out2} , S_{out3}) que combinándolo con los niveles de densidad fijados por el usuario dan lugar a los siguientes pares de situaciones y acciones (con los niveles de densidad antes de ejecutar la acción y los esperados después de aplicar la acción):

1. l-green-to-one-red-to-two		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	L	M
S_{out1}	L	M
S_{out2}	H	M
S_{out3}	H	M

Tabla 22. Acción PDDL: l-green-to-one-red-to-two.

2. l-green-to-two-red-to-one		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	L	L
S_{out1}	L	M
S_{out2}	L	M
S_{out3}	H	M

Tabla 23. Acción PDDL: 2. l-green-to-two-red-to-one.

3. h-green-to-two-red-to-one		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	H	L
S_{out1}	L	M
S_{out2}	L	M
S_{out3}	H	M

Tabla 24. Acción PDDL: 3. h-green-to-two-red-to-one.

4. h-green-to-one-red-to-two		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	H	M
S_{out1}	L	M
S_{out2}	H	M
S_{out3}	H	M

Tabla 25 Acción PDDL: h-green-to-one-red-to-two.

5. h-green-to-all-ways		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	H	L
S_{out1}	L	M
S_{out2}	L	M
S_{out3}	L	M

Tabla 26. Acción PDDL: h-green-to-all-ways.

6. l-red-to-all-ways		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	L	M
S_{out1}	H	M
S_{out2}	H	M
S_{out3}	H	M

Tabla 27. Acción PDDL: l-red-to-all-ways.

7. m-green-to-all-ways		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	M	L
S_{out1}	L	L
S_{out2}	L	L
S_{out3}	L	L

Tabla 28. Acción PDDL: m-green-to-all-ways.

8. m-green-to-two-red-to-one		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	M	L
S_{out1}	L	L
S_{out2}	L	L
S_{out3}	H	M

Tabla 29. Acción PDDL: m-green-to-two-red-to-one.

9. m-green-to-one-red-to-two		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	M	L
S_{out1}	L	L
S_{out2}	H	M
S_{out3}	H	M

Tabla 30. Acción PDDL: m-green-to-one-red-to-two.

10. m-red-to-all-ways		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	M	H
S_{out1}	H	M
S_{out2}	H	M
S_{out3}	H	M

Tabla 31. Acción PDDL: m-red-to-all-ways.

11. hm-green-to-all-ways		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	H	L
S_{out1}	M	L
S_{out2}	M	L
S_{out3}	M	L

Tabla 32. Acción PDDL: hm-green-to-all-ways.

La nomenclatura usada para los niveles de densidad en las calles es:

H = *high* o *very high*.

L = *very low* o *low*.

M = *moderate*.

La nomenclatura de los nombres de las acciones sigue la siguiente sintaxis:

Nivel de densidad de S_{in} – estado a poner en semáforo – número de salidas en las que se pone ese estado.

A continuación se explicará la acción de la tabla 32 a modo de ejemplo:

La situación inicial (pasada al planificador a través del problema PDDL) corresponde a la siguiente Ilustración:

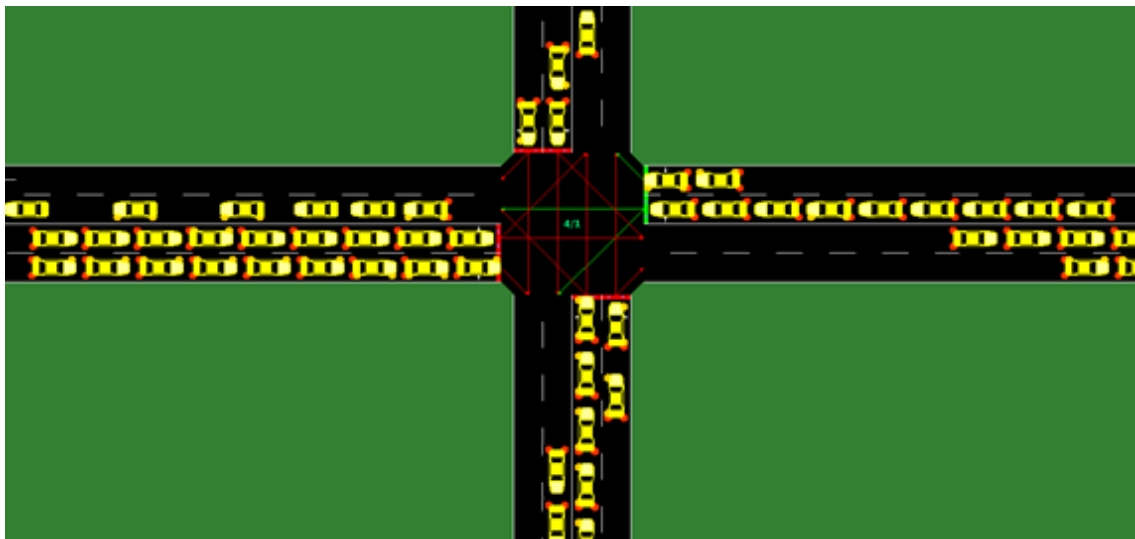


Ilustración 17. Situación antes de la acción.

Como se puede comprobar con la situación del tráfico antes de la acción se cumplen las precondiciones de esta (densidad $S_{in} = H$, densidad $S_{out1} = M$, densidad $S_{out2} = M$, densidad $S_{out3} = M$) por lo que el planificador la incluye en el plan (teniendo en cuenta que se rige por la búsqueda de la descongestión total de la red) y pasa a implementarse en SUMO (véase subcapítulo 4.4.7), apreciable en la Ilustración 18. Los niveles de densidad de las calles después de ejecutar la acción es la previsión que hace el planificador que puede cumplirse o no, determinando la calidad del plan acorde al comportamiento del tráfico (desconocido a priori por el planificador).

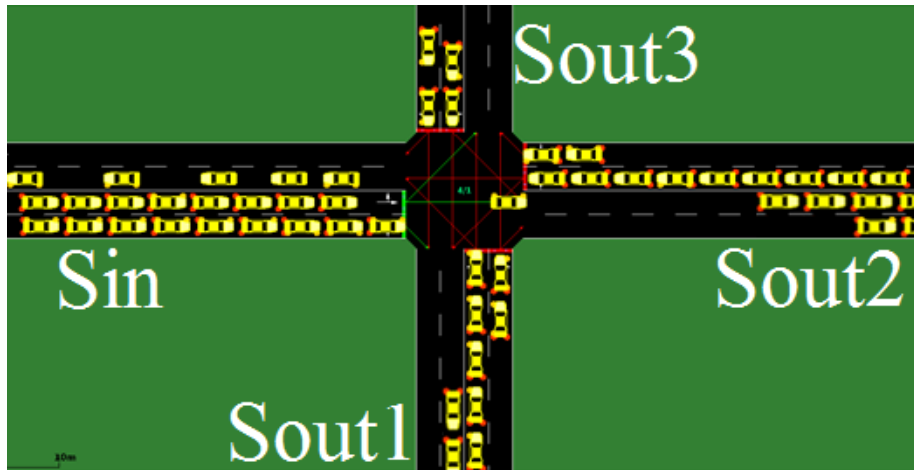


Ilustración 18. Situación después de la acción.

Como se puede observar hay casos que no se contemplan, pues no tienen sentido, como por ejemplo el caso en el que todas las calles tengan un nivel de densidad bajo (no haría falta ninguna acción para descongestionar ese cruce).

Pero lo que resulta más llamativo es que aplicando la mayoría de las acciones no se puede cumplir con los objetivos del problema (conseguir que todas las calles tengan un nivel de densidad de L).

Esto es así para que conjuntamente con incluir en las metas las calles conectadas a la que está con nivel de densidad H, se pueda conseguir un plan en el que algunas acciones no serán implementadas en el instante en el que se genera el plan. De esta manera se consigue poder dividir el plan total en uno que se implemente de inmediato y otro que se guarde hasta pasado un periodo de tiempo (50 pasos) y que si pasado ese periodo de tiempo se cumplen las precondiciones de las acciones guardadas se ejecuten y si no que se sigan guardando para pasado otro periodo de tiempo. Si no hay ninguna acción para ejecutar no se guardarán acciones para el futuro, ejecutándose de nuevo el planificador. De este modo se alcanza uno de los requisitos más importantes del sistema, un sistema no reactivo (véase subcapítulo 4.1.5).

Para explicar mejor este proceso, se expone a continuación un ejemplo.

Partimos de un plan PDDL con 3 acciones ya creado, pudiendo ser:

```
h-green-to-one-red-to-two tl_0/0 c_0/0 s_left0to1/0 s_0/0to1/0
s_0/0to0/1 s_0/0tobottom0
m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_0/0to1/0 s_1/0to2/0 s_1/0to1/1
s_1/0tobottom1
```



```
h-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_1/0to2/0 s_2/0to3/0 s_2/0to2/1
s_2/0tobottom2
```

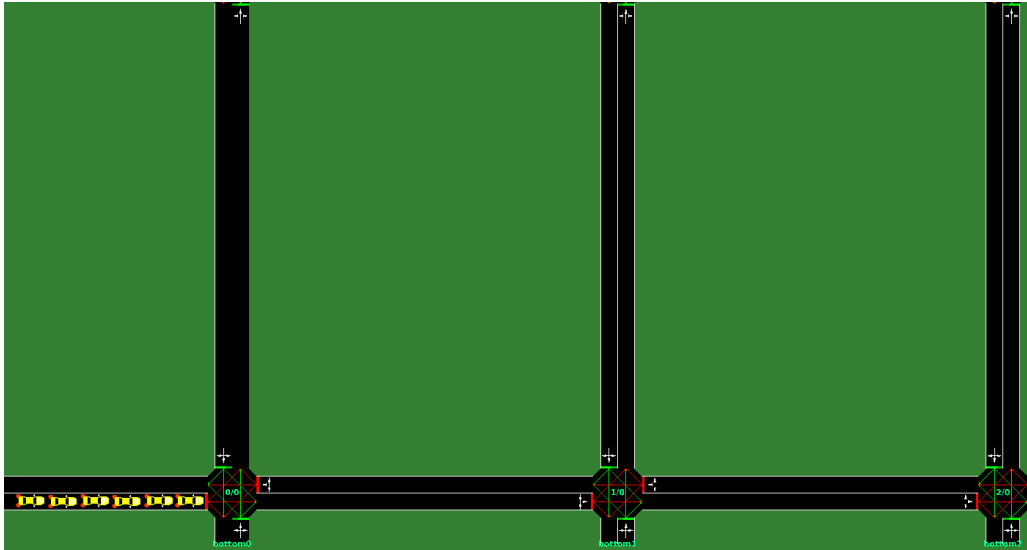


Ilustración 19. Escenario ejemplo de sistema no reactivo.

Primero se comprueba las condiciones a priori (Ilustración 19) para que cada opción se ejecute, dividiendo el plan en 2 (actual y futuro):

```
Step: XXX, long stopped vehicles count: XXX
No remain actions in a plan previously calculated.
Planner time in this step:XXX.XXX
New plan, step XXX:
Actions executed in step XXX:
h-green-to-one-red-to-two tl_0/0 c_0/0 s_left0to1/0 s_0/0to1/0
s_0/0to0/1 s_0/0tobottom0
Actions to be executed in the future:
m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_0/0to1/0 s_1/0to2/0 s_1/0to1/1
s_1/0tobottom1
h-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_1/0to2/0 s_2/0to3/0 s_2/0to2/1
s_2/0tobottom2
```

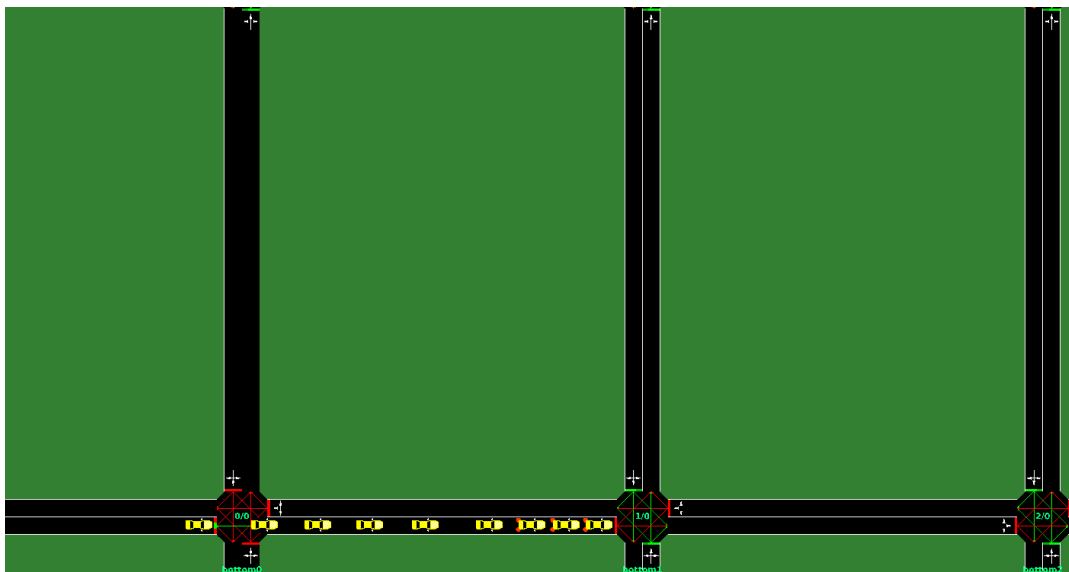


Ilustración 20. Escenario después de primera acción, ejemplo sistema no reactivo.

Se ejecuta el plan actual y se simula un intervalo de 50 pasos para ver si las previsiones del planificador al cuanto al tráfico se han cumplido (se cumplen, Ilustración 20) y se vuelve a hacer la división anterior:

```
Step: XXX, long stopped vehicles count: XXX
Non-executed actions in the plan previously calculated.
Actions from a previous plan executed in step XXX:
m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_0/0to1/0 s_1/0to2/0 s_1/0to1/1
s_1/0tobottom1
Actions to be executed in the future:
h-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_1/0to2/0 s_2/0to3/0 s_2/0to2/1
s_2/0tobottom2
```

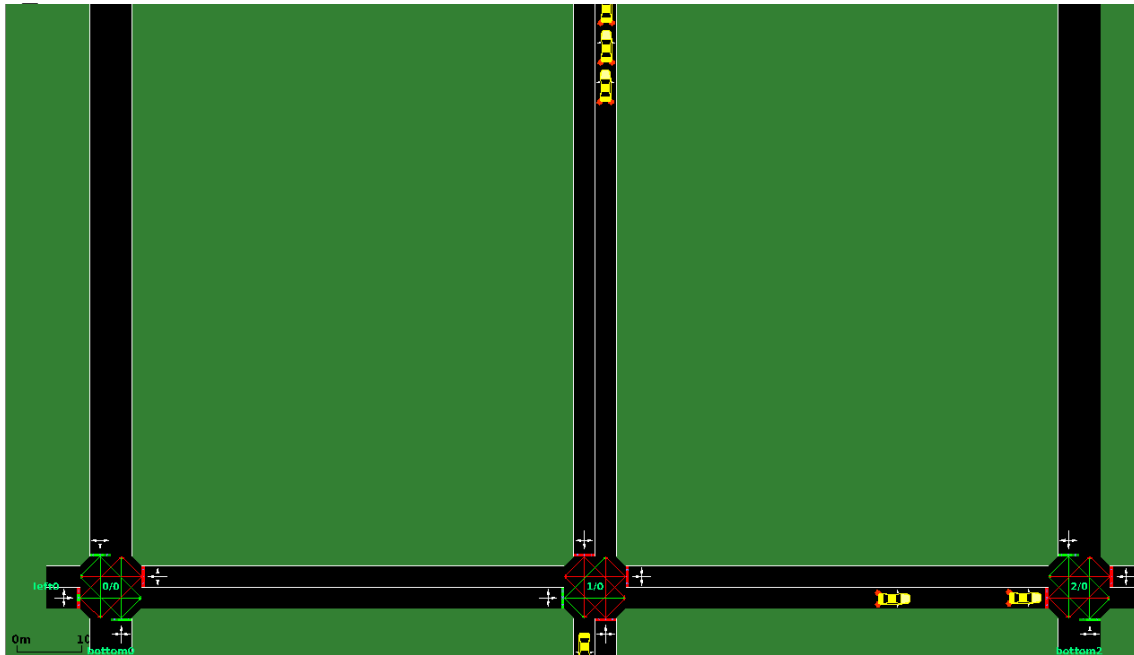


Ilustración 21. Escenario después de primera acción, ejemplo sistema no reactivo.

De la misma manera, después de otro periodo de tiempo de simulación se comprueban las precondiciones de las acciones (en este caso ya solo queda una). A diferencia de los pasos anteriores, las condiciones para ejecutar la acción no se cumplen (Ilustración 21), por lo que se volvería a crear el problema PDDL y ejecutar el planificador para obtener un nuevo plan:

```
Step: XXX, long stopped vehicles count: XXX
Non-executed actions in the plan previously calculated.
The non-executed actions are not suitable for the current scenario.
Step: XXX, long stopped vehicles count: XXX
New plan, step XXX:
[...]
```

El dominio expuesto más arriba es válido para las redes teóricas en las que todos los cruces son cruces de 2 calles con una calle de entrada y con 3 de salida (es decir, para las redes utilizadas en este proyecto para la fase de testeo) pero en un escenario real puede haber cruces con 1 o

más salidas por lo que habría que extender las acciones implementadas anteriormente a cruces que tengan un número de calles de salida diferente de 3.

De este modo (y para la aplicación a un escenario real del dominio), se ha extendido el dominio con acciones en las que los cruces pueden tener 2 salidas, siguiendo los mismos criterios que para las acciones donde tenían 3 salidas, dando como origen 7 acciones más:

1. l-red-to-two		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	L	M
hS_{out1}	H	M
S_{out2}	H	M

Tabla 33. Acción PDDL: l-red-to-two.

2. l-green-and-red-to-one		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	L	L
S_{out1}	L	M
S_{out2}	H	M

Tabla 34. Acción PDDL: l-green-and-red-to-one.

3. h-green-and-red-to-one		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	H	M
S_{out1}	L	M
S_{out2}	H	M

Tabla 35. Acción PDDL: h-green-and-red-to-one.

4. h-green-to-two		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	H	L
S_{out1}	L	L
S_{out2}	L	L

Tabla 36. Acción PDDL: h-green-to-two.

5. m-red-to-two		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	M	H
S_{out1}	H	M
S_{out2}	H	M

Tabla 37. Acción PDDL: m-red-to-two.

6. m-green-and-red-to-one		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	M	L
S_{out1}	L	L
S_{out2}	H	M

Tabla 38. Acción PDDL: m-green-and-red-to-one

7. hm-green-to-two		
Situación	Antes de acción	Después de acción
S_{in}	H	L
S_{out1}	M	L
S_{out2}	M	L

Tabla 39. Acción PDDL: hm-green-to-two.

Dada la restricción descrita en el subcapítulo 4.1.2 relacionada con el hardware, no se extenderá el dominio a cruces con más posibilidades, dejando una posible línea de trabajo en el futuro (capítulo 8).

Para trasladar estas acciones al dominio, se hará uso de tipos, constantes y predicados (en este subcapítulo se explicará tanto su funcionalidad como la sintaxis).

Se definirán tipos de objetos para representar: densidad de tráfico (“*density*”), semáforos (“*traffic-light*”) y sus estados (“*state*”), calles (“*street*”), y cruces (“*crossing*”).

Las constantes serán valores invariables en todo el dominio utilizadas para determinar el estado de los semáforos (“*red*”, “*green*” y “*yellow*”) y el nivel de densidad de las calles (“*very-low*”, “*low*”, “*moderate*”, “*high*” y “*very-high*”).

En cuanto a los predicados, éstos serán divididos en dos grupos según si describen la topología de la red (predicados estáticos (PE), no varían en los diferentes problemas) o si describen el estado de un semáforo o la densidad de una calle (predicados no estáticos (PNE), varían según la situación del tráfico en cada problema):

- Predicado PE: “goes-into ?s - street ?c – crossing”. Indica que una calle desemboca en un cruce.
- Predicado PE: “goes-out ?s - street ?c – crossing”. Indica que una calle sale de un cruce.
- Predicado PE: “opposite-direction ?s1 - street ?s2 – street”. Indica que una calle es opuesta en dirección a otra.

- Predicado PE: “traffic-lights-from-street ?t - traffic-light ?c - crossing ?s – street”. Indica un semáforo que controla la entrada de tráfico a un cruce desde una calle.
- Predicado PE: “traffic-lights-to-street ?t - traffic-light ?c - crossing ?s – street”. Indica un semáforo que controla la salida de tráfico de un cruce a una calle.
- Predicado PNE: “state-from-street ?t - traffic-light ?st - street ?s – state”. Indica el estado de un semáforo que controla la entrada de tráfico a un cruce desde una calle.
- Predicado PNE: state-to-street ?t - traffic-light ?st - street ?s – state. Indica el estado de un semáforo que controla la salida de tráfico de un cruce a una calle.
- Predicado PNE: densityLevel ?s - street ?d – density. Indica el nivel de densidad de una calle.

Una vez definido las partes integrantes del dominio, su estructura será la siguiente:

- Primeramente se asigna el nombre al dominio:
`define (domain traffic)`
- Después, las características de PDDL empleadas en el dominio precedidas de dos puntos “:”:
`(:requirements :adl :typing)`
- Jerarquía de objetos:
`(:types density street traffic-light crossing state)`
- Indicamos las constantes descritas anteriormente:
`(:constants`

`red green yellow - state`

`very-low low moderate high very-high - density`

`)`
- Seguidamente, los predicados. En primer lugar, el nombre del predicado, seguido de los objetos usados en ese predicado precedidos de “?” y seguidos del tipo de objeto con “-”:
`(:predicates`

`(goes-into ?s - street ?c - crossing)`

`(goes-out ?s - street ?c - crossing)`

`(opposite-direction ?s1 - street ?s2 - street)`

`[...]`

`)`

De forma que por ejemplo el primer predicado se leería:

“*?s goes-into ?c*”.

- Teniendo definidos los predicados y los objetos podemos establecer las acciones del dominio diseñado. Se encuentran divididas en 3 partes: 1.- parámetros, objetos que van a estar involucrados en la acción; 2.- precondiciones, conjunto de predicados que deben cumplirse para que la acción llegue a ejecutarse; y 3.- efectos, cambios derivados de la ejecución de la acción:

```
(:action 1-green-to-one-red-to-two

  :parameters(?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street ?sout1
- street ?sout2 - street ?sout3 - street)

  :precondition (and

    (goes-into ?sin ?c)

    (goes-out ?sout1 ?c)

    [...]

  )

  :effect (and

    (not (state-to-street ?t ?sout1 red))

    (not (state-to-street ?t ?sout2 green))

    [...]

  )

)
```

Todo dominio es definido para poder ser ejecutado en un planificador junto con un problema, por lo que habiendo definido el dominio a continuación se expone el problema con la siguiente estructura:

- En primer lugar definimos el dominio:
(define (problem traffic1)
- A continuación asociamos el problema con el domino ya creado:
(:domain traffic)
- Comienza la descripción del problema con la declaración de los objetos que se van a emplear. Aquellos que sean del mismo tipo serán declarados conjuntamente separados por un espacio e indicando el tipo de objeto al final:
(:objects

```

s_0aaa0to0aaa1 s_0aaa0tolaaa0 - street

c_0aaa0 c_0aaa1 c_0aaa2 - crossing

tl_0aaa0 tl_0aaa1 tl_0aaa2 - traffic-light

```

[...]

)

- Ya podemos definir la situación que describe el problema haciendo uso de los objetos definidos y los predicados y variables globales definidas en el dominio. Se comienza describiendo la situación inicial en la que se encuentran los objetos:

```
(:init
```

```

(goes-into s_0aaa0to0aaa1 c_0aaa1)

(goes-into s_0aaa0tolaaa0 c_1aaa0)

(goes-into s_0aaa0tobottom0 c_bottom0)

(state-to-street tl_1aaa1 s_1aaa1tolaaa2 green)

(state-to-street tl_1aaa1 s_1aaa1to2aaa1 red)

```

[...]

)

- Finalmente se establece lo que serán las metas a alcanzar para que el plan obtenido sea válido:

```
(:goal

(and

(densityLevel s_0aaa1tolaaa1 low)

(densityLevel s_0aaa1toleft1 low)

)

)
```

La división entre predicados estáticos y predicados no estáticos cobra sentido en el problema PDDL: Dado que en los estados iniciales de los problemas la topología de la red no varía ésta será definida por los PE, a diferencia de la situación del tráfico y las metas a alcanzar que serán definidas por los PNE. Esto es muy importante pues ahorra tiempo a la hora de crear los problemas, pues solo se reescribe la parte no estática de cada uno de ellos.

5. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

El análisis del funcionamiento del sistema diseñado y la calidad de los resultados que arroja constituyen una de las partes más importantes de este trabajo.

Las pruebas realizadas tanto como los resultados obtenidos de este proyecto están orientados a la necesidad real ya descrita (véase capítulo 1) de mejorar la calidad de vida de la sociedad urbanita disminuyendo el tiempo que tarda en desplazarse dentro de las ciudades, y reduciendo el impacto medioambiental creado por las emisiones del tráfico. Por ello, la medición del grado de mejora con respecto a la simulación ordinaria y la calidad de la solución desarrollada, se basará en 2 medidas: número de pasos unitarios de tiempo en los que todos los conductores integrantes del tráfico llegan a sus correspondientes destinos (a menor número de pasos, menor tiempo empleado en desplazarse y mayor calidad de vida) y a la cantidad (expresada en Kg) de CO₂ emitida en cada simulación.

Se podrán distinguir dos tipos de pruebas: pruebas teóricas (PT, pruebas aplicadas a un escenario no real) y pruebas reales (PR, pruebas aplicadas a un escenario real). Cada prueba se dividirá en dos simulaciones, la primera, con el sistema diseñado en funcionamiento; y la segunda, sin monitorización de tráfico (semáforos ordinarios).

5.1. Pruebas en escenario ficticio

Las pruebas en escenario ficticio serán desarrolladas en una red en forma de parrilla de dos tamaños diferentes: una con 35 cruces y otra con 130, todos ellos controlados con semáforos.

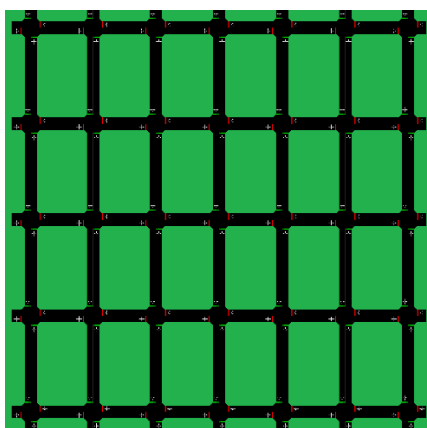


Ilustración 22. Red teórica en parrilla de 35 cruces (internos) y coche.

También se variarán el número de coches con dos configuraciones (2250 y 5000 coches) y el intervalo de tiempo en el que los coches son inyectados en la red (450 y 900 pasos de tiempo unitarios), originando 8 escenarios diferentes al combinar todas las posibles configuraciones.

A continuación se muestran las pruebas sobre los 8 escenarios no reales y sus resultados:

5.1.1. Prueba PT-01

Prueba PT-01							
Red		Número de nodos				35 internos	
		Número de semáforos				35	
		Número de calles				164	
Tráfico		Número de vehículos				2250	
		Tiempo de inyección en red				900	
Simulación 1: monitorización IA						Simulación 2: Sin monitorización	
Tiempo total (pasos)	No. Planes actuales (ejecuciones planificador)	Media ejecuciones planificador (s)	Desviación típica ejecuciones planificador (s)	No. Planes futuros (veces planificador evitado)	Emisión CO2 (Kg)	Tiempo total (pasos)	Emisión CO2 (Kg)
2012	6	16,979	0,434	18	568,36	∞	∞

Tabla 40. Prueba PT-01.

En esta prueba se dispone de un escenario pequeño con un tráfico extendido en el tiempo y sin mucho volumen, a pesar de ello, con el sistema sin monitorización la red se congestiona y no termina la simulación. Esto es debido a que la simulación alcanza un punto en el que se congestiona de manera no crítica, aunque no se descongestiona a tiempo y no es capaz de hacer frente al tráfico que queda por entrar en la red.

Por su parte, en la simulación 1 se pasa por situaciones (problemas PDDL) complejas. El sistema genera 6 planes, que al implementarlos, se cumplen las previsiones de tráfico y se ejecuta 18 veces un plan futuro (véase subcapítulo 4.2.5). El resultado es satisfactorio ya que limita el tiempo total de la simulación y las emisiones de CO2.

Como referencia se puede consultar el plan generado en esta prueba por el sistema en el ANEXO III, los planes generados en las demás pruebas están disponibles en el paquete de código del proyecto.

5.1.2. Prueba PT-02

Prueba PT-02							
Red			Número de nodos			35 internos	
			Número de semáforos			35	
			Número de calles			164	
Tráfico			Número de vehículos			2250	
			Tiempo de inyección en red			450	
Simulación 1: monitorización IA						Simulación 2: Sin monitorización	
Tiempo total (pasos)	No. Planes actuales (ejecuciones planificador)	Media ejecuciones planificador (s)	Desviación típica ejecuciones planificador (s)	No. Planes futuros (veces planificador evitado)	Emisión CO2 (Kg)	Tiempo total (pasos)	Emisión CO2 (Kg)
2068	5	17,629	0,769	24	666,963	∞	∞

Tabla 41. Prueba PT-02.

Esta prueba se caracteriza principalmente por un tiempo de inyección de tráfico muy bajo, lo que implica un tráfico muy breve pero intenso que si inicialmente no se gestiona de manera adecuada desemboca en una congestión de la red. La acción del sistema empleado vuelve a limitar los factores resultado, pudiendo observar que la media del planificador es muy parecida a la de PT-01, ambas con la misma red.

5.1.3. Prueba PT-03

Prueba PT-03							
Red		Número de nodos				35 internos	
		Número de semáforos				35	
		Número de calles				164	
Tráfico		Número de vehículos				5000	
		Tiempo de inyección en red				900	
Simulación 1: monitorización IA						Simulación 2: Sin monitorización	
Tiempo total (pasos)	No. Planes actuales (ejecuciones planificador)	Media ejecuciones planificador (s)	Desviación típica ejecuciones planificador (s)	No. Planes futuros (veces planificador evitado)	Emisión CO2 (Kg)	Tiempo total (pasos)	Emisión CO2 (Kg)
3163	7	17,498	0,842	39	1049,372	∞	∞

Tabla 42. Prueba PT-03.

Esta prueba dobla el volumen de tráfico respecto de las anteriores por lo que tiene sentido pensar que se va a volver a congestionar pues hay más coches necesitando atravesar la red en el mismo tiempo. El sistema desarrollado, ejecuta un número muy elevado de planes futuros, evitando los costes de tiempo y cálculo del planificador y resolviendo el problema de la congestión urbana.

5.1.4. Prueba PT-04

Prueba PT-04							
Red		Número de nodos				35 internos	
		Número de semáforos				35	
		Número de calles				164	
Tráfico		Número de vehículos				5000	
		Tiempo de inyección en red				450	
Simulación 1: monitorización IA						Simulación 2: Sin monitorización	
Tiempo total (pasos)	No. Planes actuales (ejecuciones planificador)	Media ejecuciones planificador (s)	Desviación típica ejecuciones planificador (s)	No. Planes futuros (veces planificador evitado)	Emisión CO2 (Kg)	Tiempo total (pasos)	Emisión CO2 (Kg)
1675	3	19,396	0,511	20	785,992	∞	∞

Tabla 43. Prueba PT-04.

En esta última prueba con red de 35 nodos internos, inyectamos un volumen de tráfico muy grande en un periodo muy corto de tiempo por lo que la red se colapsa con mucha rapidez y facilidad. En la simulación monitorizada se ejecuta el planificador 3 veces solamente, obteniendo un gran número de planes futuro también y resolviendo el atasco de la red. Las medidas de tiempo y emisiones de CO2 siguen siendo satisfactorias en comparación con la simulación no monitorizada, dado que la red en esta última se colapsa.

5.1.5. Prueba PT-05

Prueba PT-05							
Red		Número de nodos				130 internos	
		Número de semáforos				130	
		Número de calles				566	
Tráfico		Número de vehículos				2250	
		Tiempo de inyección en red				900	
Simulación 1: monitorización IA						Simulación 2: Sin monitorización	
Tiempo total (pasos)	No. Planes actuales (ejecuciones planificador)	Media ejecuciones planificador (s)	Desviación típica ejecuciones planificador (s)	No. Planes futuros (veces planificador evitado)	Emisión CO2 (Kg)	Tiempo total (pasos)	Emisión CO2 (Kg)
1269	-	-	-	-	524.337	1269	524.337

Tabla 44. Prueba PT-05.

En comparación con el volumen de tráfico, la red de esta prueba es muy grande, por lo que no se produce congestión y el sistema IA no entra en acción. Así, los resultados son similares en ambas simulaciones.

5.1.6. Prueba PT-06

Prueba PT-06							
Red		Número de nodos				130 internos	
		Número de semáforos				130	
		Número de calles				566	
Tráfico		Número de vehículos				2250	
		Tiempo de inyección en red				450	
Simulación 1: monitorización IA						Simulación 2: Sin monitorización	
Tiempo total (pasos)	No. Planes actuales (ejecuciones planificador)	Media ejecuciones planificador (s)	Desviación típica ejecuciones planificador (s)	No. Planes futuros (veces planificador evitado)	Emisión CO2 (Kg)	Tiempo total (pasos)	Emisión CO2 (Kg)
1226	2	62.947	0.035	3	572.890	1270	573.432

Tabla 45. Prueba PT-06.

Aunque el tráfico sigue siendo reducido al compararlo con el tamaño de la red, el tiempo de inyección de tráfico es pequeño y provoca un tráfico intenso. Esto provoca que la red alcance situaciones de congestión aunque no reversibles con el sistema convencional de semáforos, por lo que al tratarse de lo que denominaríamos una congestión “pasajera”, el sistema diseñado simplemente mejora ligeramente el tiempo total de simulación y la emisión de CO₂. El sistema IA no es determinante en este caso y aún se tiene que hacer frente a los costes de cálculo y tiempo del planificador, que son considerables al aumentar la red (media del planificador de 1 minuto aproximadamente).

5.1.7. Prueba PT-07

Prueba PT-07							
Red		Número de nodos				130 internos	
		Número de semáforos				130	
		Número de calles				566	
Tráfico		Número de vehículos				5000	
		Tiempo de inyección en red				900	
Simulación 1: monitorización IA						Simulación 2: Sin monitorización	
Tiempo total (pasos)	No. Planes actuales (ejecuciones planificador)	Media ejecuciones planificador (s)	Desviación típica ejecuciones planificador (s)	No. Planes futuros (veces planificador evitado)	Emisión CO2 (Kg)	Tiempo total (pasos)	Emisión CO2 (Kg)
2259	8	62,413	1,504	19	1539,881	2222	1467,630

Tabla 46. Prueba PT-07.

En esta prueba el volumen de tráfico es más acorde a la dimensión de la red y junto con un tiempo de inyección lo suficientemente alto, ocurre como en PT-06 aunque con mucha menos congestión. Esto se traduce en que el sistema IA es menos eficiente que el sistema ordinario cuando la congestión es mínima, los resultados de ambas simulaciones son muy similares, aunque hay que seguir afrontando los costes del planificador.

5.1.8. Prueba PT-08

Prueba PT-08							
Red		Número de nodos				130 internos	
		Número de semáforos				130	
		Número de calles				566	
Tráfico		Número de vehículos				5000	
		Tiempo de inyección en red				450	
Simulación 1: monitorización IA						Simulación 2: Sin monitorización	
Tiempo total (pasos)	No. Planes actuales (ejecuciones planificador)	Media ejecuciones planificador (s)	Desviación típica ejecuciones planificador (s)	No. Planes futuros (veces planificador evitado)	Emisión CO2 (Kg)	Tiempo total (pasos)	Emisión CO2 (Kg)
2361	5	71.923	9.618	27	2055.869	∞	∞

Tabla 47. Prueba PT-08.

Aunque el volumen de tráfico pueda ser asumible por el tamaño de la red, el tiempo de inyección de tráfico es reducido, originando un tráfico muy localizado en el tiempo y un flujo de coches muy elevado. El sistema IA diseñado gestiona el adecuadamente el tráfico y limita la simulación en tiempo y sus emisiones de CO2 que rentabilizan los costos del planificador.

5.2. Pruebas en escenario real

Para probar el sistema desarrollado en un escenario real se ha obtenido una sección del mapa (véase subcapítulos 3.2.1 y 4.4.3) de la ciudad de Houston, Texas, Estados Unidos de América (la cuarta más poblada del país). El escenario ha sido escogido a elección del usuario por su forma semejante a la red ficticia de parrilla estudiada en el subcapítulo anterior, aunque el sistema desarrollado es aplicable a cualquier otra red de cualquier ciudad del mundo (siempre que esté controlada por semáforos y adecuadamente importada para la simulación). La sección de mapa obtenida corresponde a la Ilustración 23.

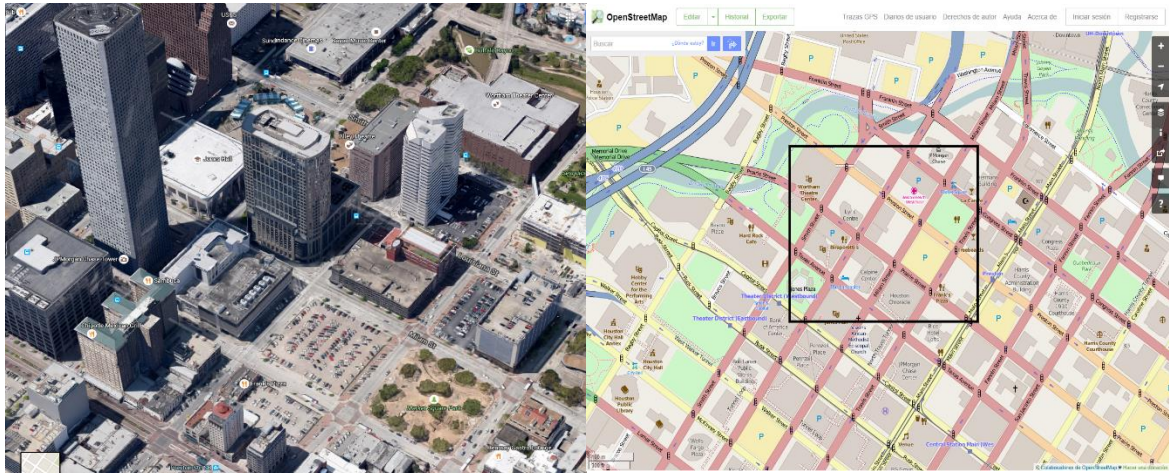


Ilustración 23. Sección de mapa bajo estudio, centro de Houston (TX).

El resultado de la conversión de la sección de OSM a un archivo compatible con SUMO corresponde a la Ilustración 24.



Ilustración 24. Sección de mapa en SUMO.

5.2.1. Prueba PR-01

Prueba PR-01							
Red		Número de nodos				15 internos	
		Número de semáforos				14	
		Número de calles				98	
Tráfico		Número de vehículos				917	
		Tiempo de inyección en red				500	
Simulación 1: monitorización IA						Simulación 2: Sin monitorización	
Tiempo total (pasos)	No. Planes actuales (ejecuciones planificador)	Media ejecuciones planificador (s)	Desviación típica ejecuciones planificador (s)	No. Planes futuros (veces planificador evitado)	Emisión CO2 (Kg)	Tiempo total (pasos)	Emisión CO2 (Kg)
1384	4	161,656	262,908	2	296,250	∞	∞

Tabla 48. Prueba PR-01.

Para la prueba en un escenario real se ha escogido una red pequeña ya que dado el tamaño mayor del dominio (véase razón en el subcapítulo 4.4.8) los cálculos que debía ejecutar el planificar crecían exponencialmente, aumentando el tiempo de generación de cada plan considerablemente (llegando incluso a agotar la memoria del equipo en el que se ha llevado a cabo el proyecto). Aun teniendo un escenario relativamente pequeño (comparado con los teóricos), se puede apreciar el coste de tiempo del planificador, que es mucho mayor que los anteriores. Teniendo en cuenta estos costos el sistema IA arroja resultados satisfactorios frente a la simulación sin monitorizar que no puede solventar la congestión de la red.

6. GESTIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se expone la planificación que ha permitido llevar a cabo un control del tiempo para el desarrollo del Sistema IA presentado en este documento. Primeramente se abordarán las distintas fases componentes de la planificación y se realizará un diagrama de Gantt de la misma, finalizando con un inventario de los costes asociados al proyecto.

6.1. Planificación

El trabajo se ha dividido en varias fases bien diferenciadas:

- **Consultoría Inicial.** Incluye la búsqueda y la adjudicación del proyecto. En esta fase y una vez con el proyecto adjudicado se generó esta planificación.
- **Análisis del problema.** Esta fase es muy importante, pues en ella se consigue el nivel de abstracción necesario para poder entender la cuestión que ocupa este proyecto. Comienza con una inmersión en los conceptos básicos e ideas principales del sistema (PDDL y SUMO) y del entendimiento y prueba de la base de la que se ha partido (véase subcapítulo 3.3). Una vez comprendido y asimilado a que nos enfrentamos, estamos en disposición de establecer los requisitos de la solución.
- **Desarrollo del dominio PDDL.** En esta fase se diseñará e implementará el dominio para la ejecución del planificador. Primeramente se estudia cuáles son los pasos y con qué condiciones a priori y efectos a posteriori deben cumplir para llegar a las metas. Una vez esbozado los pasos para hallar un plan, se definen los predicados, los objetos, los tipos y las constantes necesarias para expresar el plan. Con la combinación de todo esto, se implementan las acciones, finalizando así el dominio PDDL del sistema.
- **Desarrollo script Python.** Una vez estudiado los módulos de simulación y planificación (habiendo diseñado e implementado el dominio), el siguiente paso es diseñar e implementar el módulo de interconexión entre ellos: el control de la simulación en Python. Primeramente se estudian las funciones que debe cubrir y posteriormente se pasa a la fase de desarrollo. Este proceso llevará una fase de pruebas implícita hasta que funcionen

competencias básicas como la conexión con SUMO y el planificador y la implementación de los planes PDDL a través de los semáforos.

- **Experimentación.** Una vez con el sistema diseñado y desarrollado se procede a adquirir todo lo necesario para ponerlo a prueba. Siendo así se obtienen los archivos de tráfico y las redes de pruebas tanto ficticias como reales. Una vez ejecutadas las pruebas se recogen los resultados.
- **Documentación.** Por último se documenta todo el trabajo realizado para dejar constancia y como base y/o guía de referencia para futuros trabajos en este campo.

Todo este proceso y su distribución en el tiempo quedan reflejados en el siguiente diagrama de Gantt:

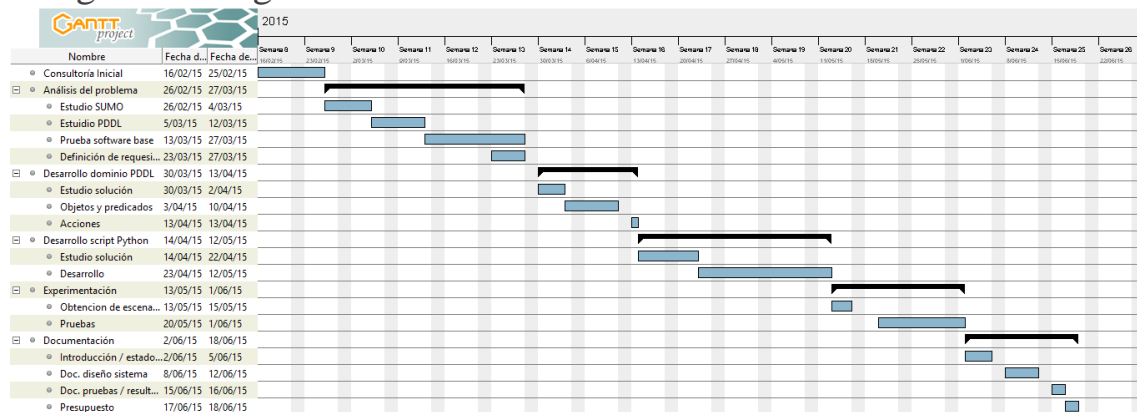


Ilustración 25. Planificación Gantt del proyecto.

Desde el inicio del proyecto la fecha fijada para finalizarlo ha sido el día 7 de Junio para tener cierto margen de corrección en la memoria y el proyecto, aunque la realización de prácticas en empresa y la compaginación con la universidad y el propio proyecto han imposibilitado el plazo nombrado. El proyecto sufrió un cambio en la planificación para salvar este hecho un mes después de empezarlo, quedando como se ve en la Ilustración 25. Cada día se han establecido 3,5 horas de dedicación.

6.2. Presupuesto

En este apartado se detalla el coste presupuestado para la realización del presente proyecto, desglosando el presupuesto en personal, material (hardware y software) y el resumen total de todos los gastos.

6.2.1. Personal

En la siguiente tabla se incluye el coste total del equipo de proyecto en función de las horas dedicadas por cada uno en un rol específico:

Categoría	Dedicación	Coste (€ /	Coste total (€)
Jefe de Proyecto: Daniel Borrajo Millán	63	28,34	1785,42
Investigadores: Matija Gulic Ricardo Olivares Gallego	30	26,21	1572,60
Analista de sistemas: Ricardo Olivares Gallego	56	24,96	1397,76
Programador: Ricardo Olivares Gallego	192,5	22,55	4340,875
Coste total:			9096,66

Tabla 49. Costes de personal.

El coste total reflejado en la Tabla 49 corresponde al coste de personal bruto, nueve mil noventa y seis euros con sesenta y seis céntimos.

6.2.2. Material

Todo el software utilizado en este proyecto, tanto para el desarrollo como para la experimentación, es código abierto por lo que la licencia es libre y no supone ningún impacto en el presupuesto final. A excepción del software utilizado para la documentación.

A continuación se muestran los costes derivados del software y el hardware:

Nombre	Coste (€)	Periodo de amortización (meses)	Duración (meses)	Tiempo desde la compra (meses)	Coste final (€)
Windows 8.1 Pro	279,00	60	4	14	18,60
Microsoft Office 2013	119,00	60	4	20	7,94
Coste total:					26,54

Tabla 50. Costes software.

Nombre	Coste	Periodo de	Duración	Tiempo	Coste
Portátil Toshiba Satellite A300	900	60	4	20	60
Portátil Lenovo IdeaPad S400	500	60	4	15	33,4
Coste total:					93,4

Tabla 51. Costes hardware.

El coste total del software es 26,54€, veintiséis euros con cincuenta y cuatro céntimos. El coste del hardware es 93,4€, noventa y tres euros con cuarenta céntimos. El coste total asociado al material es 119,94€, ciento diecinueve euros con noventa y cuatro céntimos.

6.3.3. Resumen

A continuación se muestra el resumen del presupuesto para el proyecto:

Nombre del proyecto	Modelo de simulación y planificación de tráfico urbano mediante semáforos inteligentes y SUMO.		
Autor	Ricardo Olivares Gallego	Duración	4 meses
Concepto	Coste (€)		
Personal	9096,66		
Material	119,94		
Costes indirectos (10%)	921,60		
Total bruto	10137,53		
Total (21% de IVA)	12266,42		

Tabla 52. Resumen de costes.

El coste final de proyecto asciende a 12266,42€, doce mil doscientos sesenta y seis euros con cuarenta y dos céntimos.

7. CONCLUSIONES

Este proyecto pretendía principalmente diseñar una solución que mejorase uno de los problemas que a diario se vive en las grandes urbes: el problema del transporte y los atascos.

Es posible afirmar a la vista de los resultados obtenidos que el sistema diseñado ha abierto las puertas a una solución a este problema. El dominio PDDL diseñado capacita al planificador a generar planes de reconfiguración de semáforos, que a su vez descongestiona la red no solo a nivel local de los cruces aislados, sino teniendo en cuenta los posibles comportamientos del tráfico que verifica la real planificación a corto y medio plazo del tráfico del sistema (consiguiendo así planes que se adapten al desarrollo del tráfico en tiempo real hasta descongestionar la red).

Esto es posible gracias al software diseñado que cumple con todas sus funciones, desde la conexión con el simulador a través de TraCI, pasando por la obtención y procesado de datos de todas las partes del sistema, a la implementación del plan de actuación contra el tráfico correspondiente en cada momento.

Si bien es verdad que aunque satisfactorio, el sistema sigue teniendo limitaciones:

- Se confirma la restricción expuesta en el subcapítulo 4.1.2 sobre el hardware. El coste de cálculo del planificador varía con el tamaño de la red y con el tamaño del dominio, traducándose en tiempo que en ciertos casos es mayor que el tiempo que se tarda en descongestionar la red por sí sola con el sistema de semáforos convencional. Dado que las ciudades son redes enormes y el dominio también debe contemplar más posibilidades, se convierte en una desventaja para el sistema desarrollado.
- Ha sido posible ver que el sistema IA mejora los resultados en situaciones de tráfico intenso y localizado en el tiempo pero en situaciones de tráfico normal los resultados son muy similares a los obtenidos con su no uso, siendo un aspecto negativo por los aún inevitables costes del planificador (cálculo y tiempo).

La conclusión que se puede sacar del trabajo realizado es que el sistema diseñado presenta una mejora notable frente al sistema sin

monitorización de tráfico en situaciones de tráfico intenso y continuado, mientras que en situaciones de tráfico ligero ambos sistemas rinden al mismo nivel. Aun así, el sistema que presenta este documento es todavía un sistema en fase de desarrollo y pruebas teniendo que limar las limitaciones que posee para conseguir la robustez y la eficiencia que se le puede exigir debido al recurso que gestiona: el tiempo de las personas, algo que no tiene precio.

8. LINEAS DE TRABAJO FUTURAS

A lo largo del documento se ha dejado entrever las limitaciones y aparentes defectos que posee el sistema diseñado, originando así las posibles líneas de trabajo futuras:

- Un domino PDDL mejorado que contemple más situaciones del tráfico y que pueda implementar un sistema de costes.
- La introducción de la variable temporal en el sistema y no solo en la simulación.
- Solucionar el problema del coste temporal del planificador, dividiendo la red en secciones más pequeñas (barrios o distritos) interconectadas para ejecutar la planificación en cada una de ellas por una unidad IA independiente.
- La exploración de datos de prueba más fiables a través de instituciones encargadas de la suministración de los mismos. También la exploración de las herramientas que incluye SUMO para convertir estos datos suministrados a un formato apto para la simulación [10].
- La inclusión de más variables presentes en las calles de nuestras ciudades para tener una simulación más realista: el transporte público, calendario laboral o localizaciones destacadas que condicionen el tráfico (como colegios o lugares de trabajo).
- Complementar todo lo desarrollado con un sistema de hardware que posibilite la implantación del sistema en la vida real.

En definitiva, llegar a alcanzar un sistema lo suficientemente depurado y robusto para por qué no, llegar a ser implementado algún día mejorando la calidad de vida de muchas personas.

9. REFERENCIAS

- [1] M. Ghallab, D. Nau and P. Traverso, “Automated Planning. Theory & Practice”, Morgan Kaufmann, 2004, <http://projects.laas.fr/planning/>.
- [2] M. Ghallab, A. Howe, C. Knoblock, D. McDermott, A. Ram, M. Veloso, D. Weld and D. Wilkins, “PDDL – The Planning Domain Definition Language”, 1998, <http://www.informatik.uni-ulm.de/ki/Edu/Vorlesungen/GdKI/WS0203/pddl.pdf>.
- [3] M. Fox and D. Long, “PDDL2.1 : An Extension to PDDL for Expressing Temporal Planning Domains”, December 2003, <http://ipc.informatik.uni-freiburg.de/PddlResources?action=AttachFile&do=get&target=fox-long-jair-2003.pdf>.
- [4] S. Edelkamp, “PDDL2.2: The Language for the Classical Part of the 4th International Planning Competition”, 21th January 2004, <http://ipc.informatik.uni-freiburg.de/PddlResources?action=AttachFile&do=get&target=edelkamp-hoffmann-tr-2004.pdf>.
- [5] A. Gerevini and D. Long, “Preferences and Soft Constraints in PDDL3”, <http://ipc.informatik.uni-freiburg.de/PddlResources?action=AttachFile&do=get&target=gerevini-long-icapsws-2006.pdf>.
- [6] S. Richter and M. Westphal, “The LAMA Planner: Guiding Cost-Based Anytime Planning with Landmarks”, 2010, <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1401/1401.3839.pdf>.
- [7] M. Helmert and C. Domshlak, “Landmarks, Critical Paths and Abstractions: What’s the Difference Anyway”, ICAPS 2009, <http://www.aaai.org/ocs/index.php/ICAPS/ICAPS09/paper/viewFile/735/1107>.
- [8] “OpenStreetMap”. Internet: <https://www.openstreetmap.org/>, 2015.
- [9] “SUMO – Simulation of Urban MObility”. Internet: http://www.dlr.de/ts/en/desktopdefault.aspx/tabid-9883/16931_read-41000/, 2001.

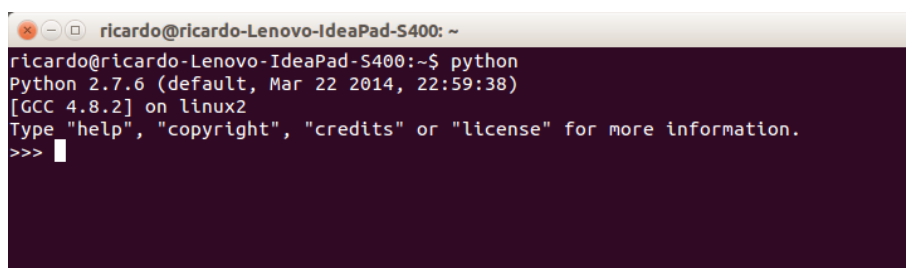
- [10] “SUMO Wiki (online documentation)”. Internet: http://sumo.dlr.de/wiki/Main_Page, 4th April 2015.
- [11] “Python”. Internet: <https://www.python.org/>, 2015.
- [12] “Eclipse Foundation”. Internet: <https://eclipse.org/>, 2015.
- [13] “Autonomic Road Transport Support Systems”. Internet: <https://helios.hud.ac.uk/cost/>, 17th June 2015.
- [14] J.A. Jiménez López, “Modelo de simulación y planificación de paradas de autobús mediante SUMO”, Universidad Carlos III de Madrid, 2014.
- [15] D. H. Stolfi, “Optimización del Tráfico Rodado en Ciudades Inteligentes”, Universidad de Málaga, 2012, <http://www.danielstolfi.com/investigacion/master.php>.

ANEXO I. Manual de usuario

Este primer anexo pretende enseñar y mostrar al usuario como puede ejecutar una simulación con todas sus opciones.

Primeramente necesitaremos un sistema operativo instalado en nuestro ordenador, el proyecto ha sido desarrollado en Ubuntu pero Windows y MacOS también son compatibles.

El segundo paso consiste en instalar Python (si no lo está todavía). Para comprobar si está instalado basta con teclear “Python” en un terminal (Ilustración 26), si es así aparecerá la versión instalada (se recomienda Python 2.7). En caso negativo se adquirirá el código libre por medio del comando “sudo apt-get install python”, introduciendo la contraseña del administrador si así lo requiere.



```
ricardo@ricardo-Lenovo-IdeaPad-S400: ~  
ricardo@ricardo-Lenovo-IdeaPad-S400:~$ python  
Python 2.7.6 (default, Mar 22 2014, 22:59:38)  
[GCC 4.8.2] on linux2  
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.  
>>>
```

Ilustración 26. Python.

Una vez hecho esto, es el turno de la instalación del simulador SUMO. Para ello deberemos descargarlo de [9], escogiendo la versión según nuestro sistema operativo, descomprimirlo y ejecutarlo. Cuando se haya ejecutado tendremos una carpeta como la siguiente:

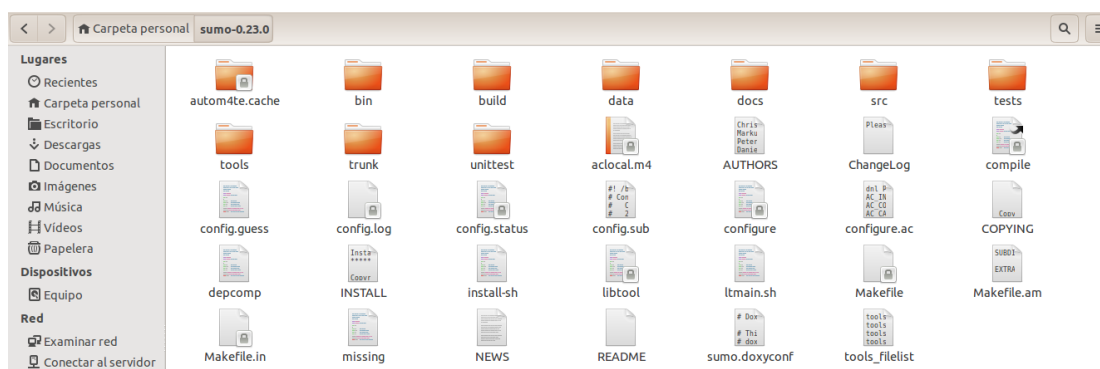


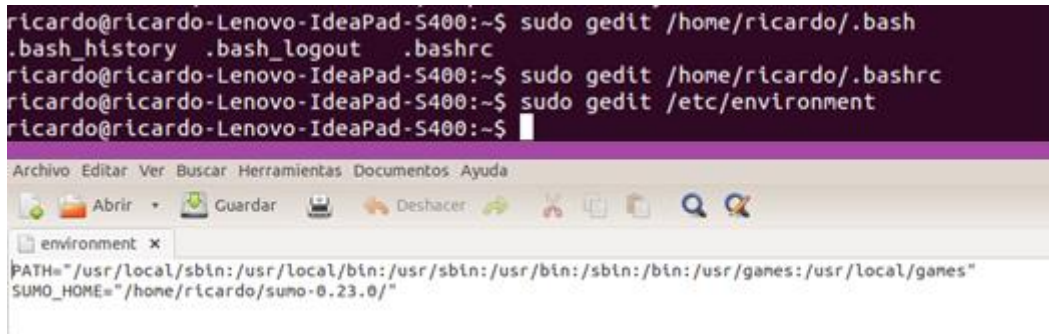
Ilustración 27. Carpeta SUMO.

El siguiente paso corresponde a la instalación de librerías y configuración de nuestro sistema para el correcto funcionamiento de

SUMO, descrito según nuestro sistema operativo en [10], en el apartado de instalación.

Un aspecto muy importante al que a veces no se le da la suficiente importancia, es la inclusión de SUMO en la variable de entorno del sistema.

Para ello deberemos modificar el archivo `/etc/environment` como sigue:



```
ricardo@ricardo-Lenovo-IdeaPad-S400:~$ sudo gedit /home/ricardo/.bash
.bash_history .bash_logout .bashrc
ricardo@ricardo-Lenovo-IdeaPad-S400:~$ sudo gedit /home/ricardo/.bashrc
ricardo@ricardo-Lenovo-IdeaPad-S400:~$ sudo gedit /etc/environment
ricardo@ricardo-Lenovo-IdeaPad-S400:~$
```

The text editor shows the following content in the `environment` file:

```
PATH="/usr/local/sbin:/usr/local/bin:/usr/sbin:/usr/bin:/sbin:/bin:/usr/games:/usr/local/games"
SUMO_HOME="/home/ricardo/sumo-0.23.0/"
```

Ilustración 28. Variable de entorno SUMO.

Una vez acabada con la instalación y la configuración del software copiamos todos los archivos de una de las pruebas suministradas en un mismo directorio (carpetas `traci` y `xmlHelper`, archivos de rutas, archivo de red, dominio y problema. Los demás archivos si no están los generará la simulación) y ejecutamos el script `Sumo.py` con las opciones que nos interesen (véase subcapítulo 4.4.1):

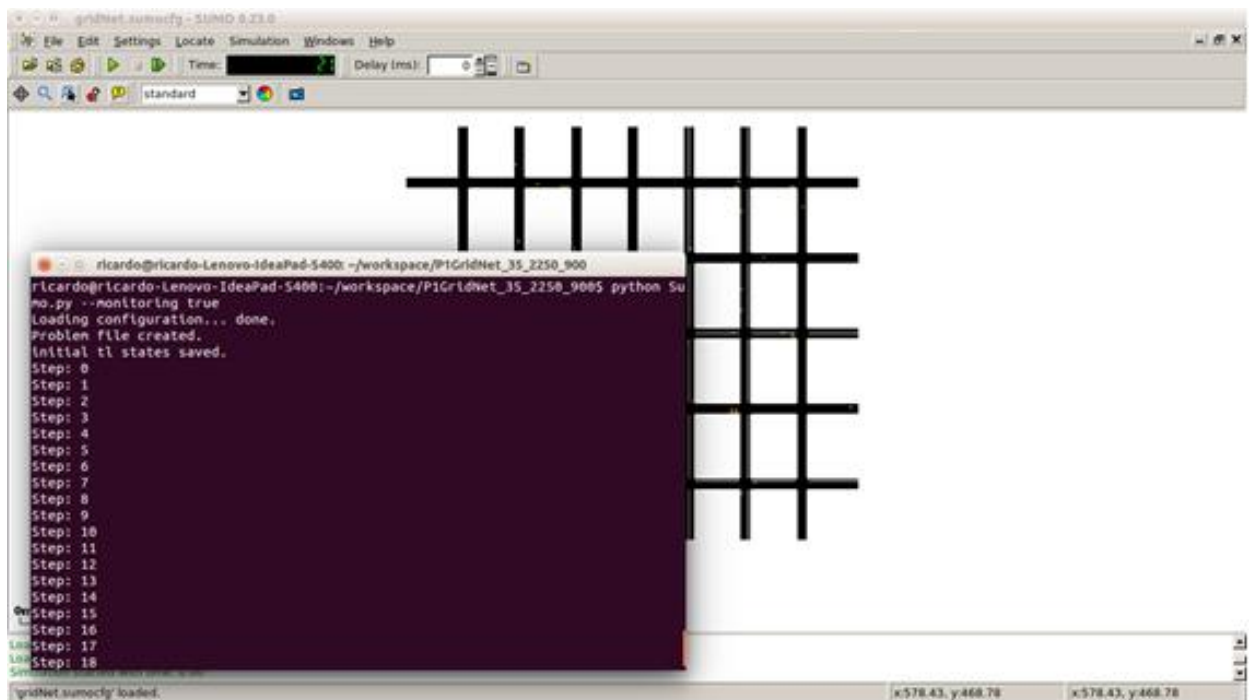


Ilustración 29. Ejecución Sistema.

Anexo II. MANUAL DE REFERENCIA

En este anexo tratará de guiar a un desarrollador futuro en los conceptos clave para que pueda ampliar el sistema en las líneas descritas en el capítulo 8 o en las que se crean convenientes.

Instalación y entorno

La instalación del software necesario se ha detallado en el manual de usuario. Se recomienda en lugar de ejecutar el programa directamente desde un terminal, hacerlo desde un entorno más amigable y con más herramientas como es Eclipse. Esto permitirá las funciones de debug y modificación del código. Para ello habrá que bajarse Eclipse y una vez arrancado dirigirse a Help - Install New Software. Una vez ahí añadiremos la URL: "http://pydev.org/updates" y marcaremos Pydev para su instalación:

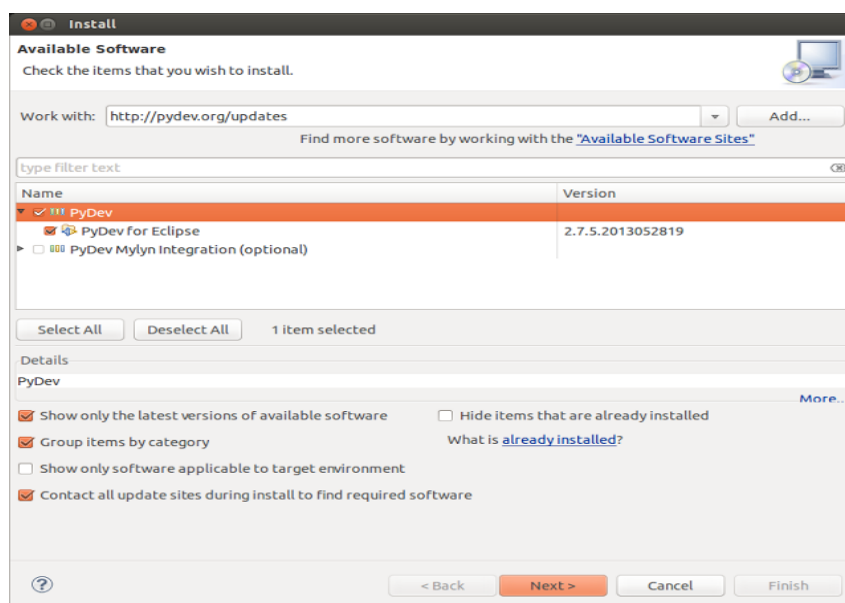


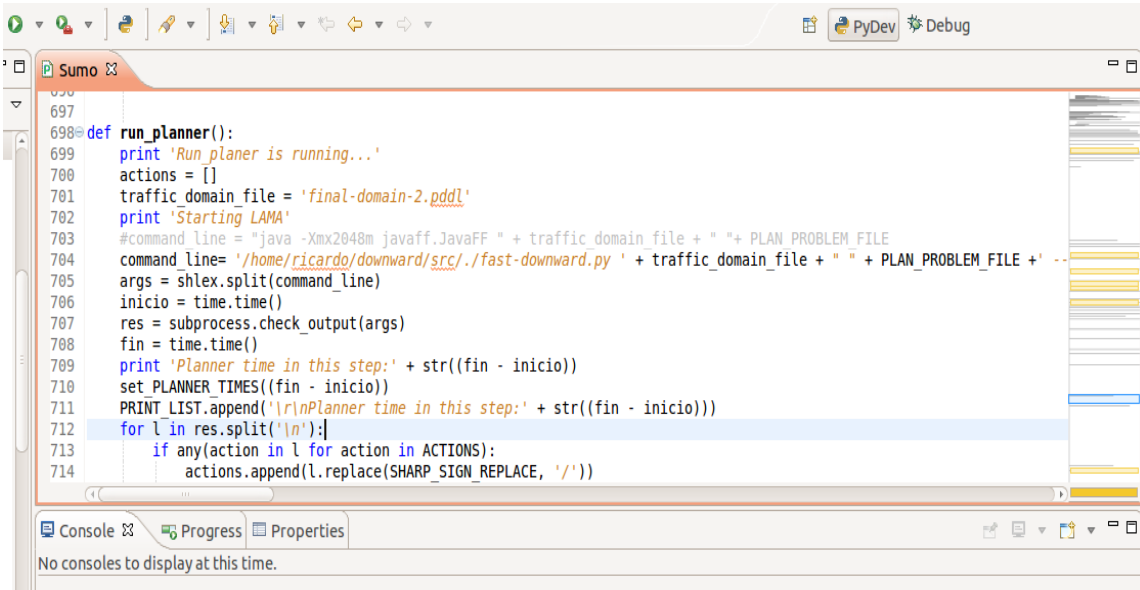
Ilustración 30. Instalación PyDev.

Reiniciamos Eclipse y pasamos a las configuraciones.

Nos dirigimos esta vez a Windows - Preferences, y dentro elegimos la opción Interpreter – Python. Si no existe ningún intérprete pulsamos añadir, dotamos al nuevo intérprete de un nombre y buscamos la ruta en la que tenemos Python instalado. Ahora tenemos Eclipse preparado para crear proyectos PyDev.

Planificación

En cuanto a la planificación está todos los aspectos funcionales explicados en la memoria (véase 3.1.2, 4.2.4, 4.4.7 y 4.4.8). Cabe destacar que en el proyecto se utiliza el planificador LAMA pero que puede cambiarse por cualquier otro, sin suponer el cese del funcionamiento del sistema. Para ello habrá que abrir el script “Sumo.py” y buscar la función “run_planner()”:



```
697
698 def run_planner():
699     print 'Run planner is running...'
700     actions = []
701     traffic_domain_file = 'final-domain-2.pddl'
702     print 'Starting LAMA'
703     #command_line = "java -Xmx2048m javaff.JavaFF " + traffic_domain_file + " " + PLAN_PROBLEM_FILE
704     command_line= '/home/ricardo/download/src/.fast-downward.py ' + traffic_domain_file + " " + PLAN_PROBLEM_FILE + ' --'
705     args = shlex.split(command_line)
706     inicio = time.time()
707     res = subprocess.check_output(args)
708     fin = time.time()
709     print 'Planner time in this step:' + str((fin - inicio))
710     set_PLANNER_TIMES((fin - inicio))
711     PRINT_LIST.append('\r\nPlanner time in this step:' + str((fin - inicio)))
712     for l in res.split('\n'):
713         if any(action in l for action in ACTIONS):
714             actions.append(l.replace(SHARP_SIGN_REPLACE, '/'))
```

Ilustración 31. Cambio de planificador.

En ella la variable `command_line` determinará que planificador se ejecuta.

Software de control de simulación

Por último el software que controla la simulación y conecta el simulador con el planificador se basa en el script “Sumo.py” escrito en Python. El diagrama de flujo principal es desarrollado en la función “run()” donde por ejemplo, se decide si es necesario la ejecución del planificador o donde se lleva a cabo la gestión de los planes futuro y actual (Ilustración 32).


```

169     checked = False
170     return checked
171
172 def run():
173     "execute the TraCI control loop"
174     traci.init([PORT])
175     step = 0
176     actions to execute = []
177     remain actions = []
178     traffic lights used = []
179     lastIncidentStep = 0
180     create_problem_file(PLAN_PROBLEM_FILE, step)
181     save_initial_tl_states()
182     print "initial tl states saved."
183
184     PRINT_LIST.append('Number of Junctions: ' + str(len(get_all_crossing_ids())) + '\r\n')
185     PRINT_LIST.append('Number of Edges: ' + str(len(traci.edge.getIDList())) + '\r\n')
186     PRINT_LIST.append('Number of Vehicles: ' + str(len(getTotalVehicles(ROUTESFILE))) + '\r\n')
187
188     while traci.simulation.getMinExpectedNumber() > 0:
189         traci.simulationStep()
190         obtain_CO2Emission()
191         print "Step: " + str(step)
192         if options.monitoring:
193             incidentalCars = get_incidental_cars(120)
194             if ((len(incidentalCars) > 0 or 0 < len(remain actions)) and lastIncidentStep + 50 < step):
195                 print 'Step: ' + str(step) + ', long stopped vehicles count: ' + str(len(incidentalCars))
196                 PRINT_LIST.append('\r\n')
197                 PRINT_LIST.append('\r\nStep: ' + str(step) + ', long stopped vehicles count: ' + str(len(incidentalCars))
198                 if(not remain actions):
199                     print 'No remain actions in a plan previously calculated.'
200                     PRINT_LIST.append('\r\nNo remain actions in a plan previously calculated.')
201                     set_initial_state_for_changed_traffic_lights()
202                     create_problem_file(PLAN_PROBLEM_FILE, step)
203

```

Ilustración 32. Función run.

En ella se encuentran dos variables a tener en cuenta para desarrollo: por un lado el tiempo de espera de un coche, el cual al superarlo el sistema considera que existe congestión en la red (actualmente fijado en 120 pasos de tiempo e introducido en la función `get_incidental_cars()`) y por otro lado el tiempo de intervalo entre evaluación y evaluación de la red, para dejar un espacio para ver si las previsiones de trafico realizadas por el planificador se cumplen (actualmente fijado en 50, es decir `lastIncidentStep + 50`).

Estos parámetros determinarán en gran parte el desempeño del sistema.

```

186     PRINT_LIST.append('Number of Vehicles: ' + str(len(getTotalVehicles(ROUTESFILE))) + '\r\n')
187
188     while traci.simulation.getMinExpectedNumber() > 0:
189         traci.simulationStep()
190         obtain_CO2Emission()
191         print "Step: " + str(step)
192         if options.monitoring:
193             incidentalCars = get_incidental_cars(120)
194             if ((len(incidentalCars) > 0 or 0 < len(remain actions)) and lastIncidentStep + 50 < step):
195                 print 'Step: ' + str(step) + ', long stopped vehicles count: ' + str(len(incidentalCars))
196                 PRINT_LIST.append('\r\n')
197                 PRINT_LIST.append('\r\nStep: ' + str(step) + ', long stopped vehicles count: ' + str(len(incidentalCars))
198                 if(not remain actions):
199                     print 'No remain actions in a plan previously calculated.'
200                     PRINT_LIST.append('\r\nNo remain actions in a plan previously calculated.')
201                     set_initial_state_for_changed_traffic_lights()
202                     create_problem_file(PLAN_PROBLEM_FILE, step)
203                 if (get_goals_value() == True):

```

Ilustración 33. Tiempo de espera e intervalo de evaluación.

Anexo III. CÓDIGO

En este apartado solo incluye una muestra del código desarrollado en este proyecto, dada la extensión del mismo. Se incluyen las partes principales: un plan generado por el sistema al ejecutarlo, el dominio PDDL (versión del escenario real), un problema PDDL (de todos los generados) y la parte principal del script de control de simulación. El software del proyecto completo puede consultarse en el paquete de código del mismo.

Plan generado en PT-01

```
Single goal: False
Monitoring: True
Number of Junctions: 59
Number of Edges: 164
Number of Vehicles: 2250
```

```
Step: 328, long stopped vehicles count: 1
No remain actions in a plan previously calculated.
No new plan, no critical streets yet.
```

```
Step: 482, long stopped vehicles count: 1
No remain actions in a plan previously calculated.
Planner time in this step:16.993888855
New plan, step 482:
Actions executed in step 482:
h-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_0/1to1/1 s_1/1to1/0 s_1/1to1/2
s_1/1to2/1
l-green-to-two-red-to-one tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0
s_1/0tobottom1 s_1/0to2/0
l-green-to-two-red-to-one tl_1/4 c_1/4 s_1/3to1/4 s_1/4to0/4
s_1/4totop1 s_1/4to2/4
h-green-to-all-ways tl_3/0 c_3/0 s_4/0to3/0 s_3/0to2/0 s_3/0to3/1
s_3/0tobottom3
m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
s_4/2to4/3
h-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_6/2to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
s_5/2to5/3
l-green-to-two-red-to-one tl_5/3 c_5/3 s_5/2to5/3 s_5/3to5/4
s_5/3to6/3 s_5/3to4/3
Actions to be executed in the future:
m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_0/0to1/0 s_1/0to1/1 s_1/0to2/0
s_1/0tobottom1
m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
s_1/2to2/2
l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
m-green-to-all-ways tl_2/4 c_2/4 s_1/4to2/4 s_2/4to2/3 s_2/4to3/4
s_2/4totop2
m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
s_2/0tobottom2
m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
s_4/2to4/3
```

m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1

Step: 533, long stopped vehicles count: 4

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 533:

m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_0/0to1/0 s_1/0to1/1 s_1/0to2/0
s_1/0tobottom1

m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
s_4/2to4/3

Actions to be executed in the future:

m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
s_1/2to2/2

l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
s_2/1to2/2 s_2/1to3/1

m-green-to-all-ways tl_2/4 c_2/4 s_1/4to2/4 s_2/4to2/3 s_2/4to3/4
s_2/4totop2

m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
s_2/0tobottom2

m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1

Step: 584, long stopped vehicles count: 28

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 584:

m-green-to-all-ways tl_2/4 c_2/4 s_1/4to2/4 s_2/4to2/3 s_2/4to3/4
s_2/4totop2

Actions to be executed in the future:

m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
s_1/2to2/2

l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
s_2/1to2/2 s_2/1to3/1

m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
s_2/0tobottom2

m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1

Step: 635, long stopped vehicles count: 31

Non-executed actions in the plan previously calculated.

The non-executed actions are not suitable for the current scenario.

Step: 635, long stopped vehicles count: 31

New plan, step 635:

Planner time in this step:16.9404239655

Actions executed in step 635:

m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
s_1/0tobottom1

h-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
s_2/1to3/1

m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
s_3/2to3/3

h-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_4/1to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/3
s_4/2to5/2

m-green-to-all-ways tl_4/3 c_4/3 s_5/3to4/3 s_4/3to3/3 s_4/3to4/2
s_4/3to4/4

l-green-to-two-red-to-one tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to5/1
s_5/2to6/2 s_5/2to4/2

h-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_0/1to1/1 s_1/1to1/0 s_1/1to1/2
s_1/1to2/1

h-green-to-all-ways tl_5/3 c_5/3 s_6/3to5/3 s_5/3to4/3 s_5/3to5/2
s_5/3to5/4

Actions to be executed in the next step:

m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2
 l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to3/3
 m-green-to-all-ways tl_4/3 c_4/3 s_4/2to4/3 s_4/3to3/3 s_4/3to4/4
 s_4/3to5/3
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2
 h-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_6/2to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to5/3
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/3 c_5/3 s_5/2to5/3 s_5/3to4/3 s_5/3to5/4
 s_5/3to6/3
 m-green-to-all-ways tl_4/3 c_4/3 s_5/3to4/3 s_4/3to3/3 s_4/3to4/2
 s_4/3to4/4
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_5/4 c_5/4 s_5/3to5/4 s_5/4to4/4 s_5/4to6/4
 s_5/4totop5

Step: 686, long stopped vehicles count: 56

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 686:

m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to3/3
 h-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_6/2to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to5/3
 m-green-to-all-ways tl_4/3 c_4/3 s_5/3to4/3 s_4/3to3/3 s_4/3to4/2
 s_4/3to4/4

Actions to be executed in the future:

m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2
 l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_4/3 c_4/3 s_4/2to4/3 s_4/3to3/3 s_4/3to4/4
 s_4/3to5/3
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3

m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/3 c_5/3 s_5/2to5/3 s_5/3to4/3 s_5/3to5/4
 s_5/3to6/3
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_5/4 c_5/4 s_5/3to5/4 s_5/4to4/4 s_5/4to6/4
 s_5/4totop5

Step: 737, long stopped vehicles count: 83

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 737:

m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2

Actions to be executed in the future:

l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_4/3 c_4/3 s_4/2to4/3 s_4/3to3/3 s_4/3to4/4
 s_4/3to5/3
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/3 c_5/3 s_5/2to5/3 s_5/3to4/3 s_5/3to5/4
 s_5/3to6/3
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_5/4 c_5/4 s_5/3to5/4 s_5/4to4/4 s_5/4to6/4
 s_5/4totop5

Step: 788, long stopped vehicles count: 129

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 788:

m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_5/4 c_5/4 s_5/3to5/4 s_5/4to4/4 s_5/4to6/4
 s_5/4totop5

Actions to be executed in the future:

l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
s_2/0tobottom2
m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1
m-green-to-all-ways tl_4/3 c_4/3 s_4/2to4/3 s_4/3to3/3 s_4/3to4/4
s_4/3to5/3
m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
s_5/2to6/2
m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1
m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
s_1/1to2/1
m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
s_1/2to2/2
m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
s_4/2to4/3
m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1
m-green-to-all-ways tl_5/3 c_5/3 s_5/2to5/3 s_5/3to4/3 s_5/3to5/4
s_5/3to6/3

Step: 839, long stopped vehicles count: 107

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 839:

m-green-to-all-ways tl_4/3 c_4/3 s_4/2to4/3 s_4/3to3/3 s_4/3to4/4
s_4/3to5/3
m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
s_1/2to2/2

Actions to be executed in the future:

l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
s_2/0tobottom2
m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1
m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
s_5/2to6/2
m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1
m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
s_1/1to2/1
m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
s_4/2to4/3
m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1
m-green-to-all-ways tl_5/3 c_5/3 s_5/2to5/3 s_5/3to4/3 s_5/3to5/4
s_5/3to6/3

Step: 890, long stopped vehicles count: 156

Non-executed actions in the plan previously calculated.

The non-executed actions are not suitable for the current scenario.

Step: 890, long stopped vehicles count: 156

New plan, step 890:

Planner time in this step:17.4503231049

Actions executed in step 890:

h-green-to-two-red-to-one tl_1/1 c_1/1 s_0/1to1/1 s_1/1to1/0
s_1/1to1/2 s_1/1to2/1

m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_0/2to1/2 s_1/2to1/1 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/0to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/2
 s_2/1to3/1
 l-green-to-two-red-to-one tl_2/2 c_2/2 s_3/2to2/2 s_2/2to1/2
 s_2/2to2/3 s_2/2to2/1
 h-green-to-two-red-to-one tl_4/2 c_4/2 s_3/2to4/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to5/2 s_4/2to4/3
 h-green-to-two-red-to-one tl_3/3 c_3/3 s_4/3to3/3 s_3/3to2/3
 s_3/3to3/4 s_3/3to3/2
 h-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_2/2to3/2 s_3/2to3/1 s_3/2to3/3
 s_3/2to4/2
 m-green-to-all-ways tl_4/3 c_4/3 s_3/3to4/3 s_4/3to4/2 s_4/3to4/4
 s_4/3to5/3
 m-green-to-all-ways tl_4/4 c_4/4 s_5/4to4/4 s_4/4to3/4 s_4/4to4/3
 s_4/4totop4
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_6/2to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to5/3
 h-green-to-all-ways tl_5/4 c_5/4 s_5/3to5/4 s_5/4to4/4 s_5/4to6/4
 s_5/4totop5
 l-green-to-two-red-to-one tl_5/3 c_5/3 s_5/2to5/3 s_5/3to5/4
 s_5/3to6/3 s_5/3to4/3
 h-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_6/1to6/2 s_6/2to5/2 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_6/3 c_6/3 s_6/2to6/3 s_6/3to5/3 s_6/3to6/4
 s_6/3toright3
 Actions to be executed in the next step:
 l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/3 c_5/3 s_5/2to5/3 s_5/3to4/3 s_5/3to5/4
 s_5/3to6/3
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/2to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_3/2to4/2 s_4/2to4/1 s_4/2to4/3
 s_4/2to5/2
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_3/3to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to4/2
 m-green-to-all-ways tl_3/3 c_3/3 s_3/2to3/3 s_3/3to2/3 s_3/3to3/4
 s_3/3to4/3
 m-green-to-all-ways tl_4/4 c_4/4 s_5/4to4/4 s_4/4to3/4 s_4/4to4/3
 s_4/4totop4

m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 h-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/1to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_4/3 c_4/3 s_5/3to4/3 s_4/3to3/3 s_4/3to4/2
 s_4/3to4/4
 m-green-to-all-ways tl_5/4 c_5/4 s_5/3to5/4 s_5/4to4/4 s_5/4to6/4
 s_5/4totop5
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_6/2to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to5/3
 h-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/3to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
 s_1/2to2/2
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_2/2to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
 s_1/2to1/3
 m-green-to-all-ways tl_2/2 c_2/2 s_1/2to2/2 s_2/2to2/1 s_2/2to2/3
 s_2/2to3/2

Step: 941, long stopped vehicles count: 180

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 941:

m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 h-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/1to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_5/4 c_5/4 s_5/3to5/4 s_5/4to4/4 s_5/4to6/4
 s_5/4totop5
 h-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/3to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
 s_1/2to2/2
 m-green-to-all-ways tl_2/2 c_2/2 s_1/2to2/2 s_2/2to2/1 s_2/2to2/3
 s_2/2to3/2

Actions to be executed in the future:

l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/3 c_5/3 s_5/2to5/3 s_5/3to4/3 s_5/3to5/4
 s_5/3to6/3
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/2to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to3/1

m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_3/2to4/2 s_4/2to4/1 s_4/2to4/3
 s_4/2to5/2
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_3/3to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to4/2
 m-green-to-all-ways tl_3/3 c_3/3 s_3/2to3/3 s_3/3to2/3 s_3/3to3/4
 s_3/3to4/3
 m-green-to-all-ways tl_4/4 c_4/4 s_5/4to4/4 s_4/4to3/4 s_4/4to4/3
 s_4/4totop4
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_4/3 c_4/3 s_5/3to4/3 s_4/3to3/3 s_4/3to4/2
 s_4/3to4/4
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_6/2to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to5/3
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_2/2to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
 s_1/2to1/3

Step: 992, long stopped vehicles count: 237

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 992:

m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_1/1to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2
 m-green-to-all-ways tl_4/3 c_4/3 s_5/3to4/3 s_4/3to3/3 s_4/3to4/2
 s_4/3to4/4
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_6/2to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to5/3

Actions to be executed in the future:

l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/3 c_5/3 s_5/2to5/3 s_5/3to4/3 s_5/3to5/4
 s_5/3to6/3
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/2to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_3/2to4/2 s_4/2to4/1 s_4/2to4/3
 s_4/2to5/2
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_3/3to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to4/2
 m-green-to-all-ways tl_3/3 c_3/3 s_3/2to3/3 s_3/3to2/3 s_3/3to3/4
 s_3/3to4/3

m-green-to-all-ways tl_4/4 c_4/4 s_5/4to4/4 s_4/4to3/4 s_4/4to4/3
 s_4/4totop4
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_2/2to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
 s_1/2to1/3

Step: 1043, long stopped vehicles count: 227

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 1043:

m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_5/3 c_5/3 s_5/2to5/3 s_5/3to4/3 s_5/3to5/4
 s_5/3to6/3
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/2to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_3/2to4/2 s_4/2to4/1 s_4/2to4/3
 s_4/2to5/2

Actions to be executed in the future:

l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_3/3to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to4/2
 m-green-to-all-ways tl_3/3 c_3/3 s_3/2to3/3 s_3/3to2/3 s_3/3to3/4
 s_3/3to4/3
 m-green-to-all-ways tl_4/4 c_4/4 s_5/4to4/4 s_4/4to3/4 s_4/4to4/3
 s_4/4totop4
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_2/2to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
 s_1/2to1/3

Step: 1094, long stopped vehicles count: 206

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 1094:

m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_3/3to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to4/2

m-green-to-all-ways tl_4/4 c_4/4 s_5/4to4/4 s_4/4to3/4 s_4/4to4/3
 s_4/4totop4
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 Actions to be executed in the future:
 l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_3/3 c_3/3 s_3/2to3/3 s_3/3to2/3 s_3/3to3/4
 s_3/3to4/3
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_2/2to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
 s_1/2to1/3

Step: 1145, long stopped vehicles count: 202

Non-executed actions in the plan previously calculated.

The non-executed actions are not suitable for the current scenario.

Step: 1145, long stopped vehicles count: 202

New plan, step 1145:

Planner time in this step:17.5653748512

Actions executed in step 1145:

h-green-to-two-red-to-one tl_0/1 c_0/1 s_0/2to0/1 s_0/1to0/0
 s_0/1toleft1 s_0/1to1/1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_0/2to1/2 s_1/2to1/1 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/2to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to3/1
 h-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_2/2to3/2 s_3/2to3/1 s_3/2to3/3
 s_3/2to4/2
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_3/2to4/2 s_4/2to4/1 s_4/2to4/3
 s_4/2to5/2
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/1to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2
 h-green-to-all-ways tl_6/3 c_6/3 s_6/2to6/3 s_6/3to5/3 s_6/3to6/4
 s_6/3toright3
 m-green-to-all-ways tl_5/3 c_5/3 s_6/3to5/3 s_5/3to4/3 s_5/3to5/2
 s_5/3to5/4
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_6/3to6/4 s_6/4to5/4 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 h-green-to-all-ways tl_0/2 c_0/2 s_0/3to0/2 s_0/2to0/1 s_0/2to1/2
 s_0/2toleft2
 h-green-to-all-ways tl_2/2 c_2/2 s_2/3to2/2 s_2/2to1/2 s_2/2to2/1
 s_2/2to3/2

Actions to be executed in the next step:

l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_3/3 c_3/3 s_3/2to3/3 s_3/3to2/3 s_3/3to3/4
 s_3/3to4/3
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_2/2to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
 s_1/2to1/3
 m-green-to-two-red-to-one tl_1/1 c_1/1 s_0/1to1/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to1/2 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to3/3
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 l-green-to-two-red-to-one tl_5/3 c_5/3 s_6/3to5/3 s_5/3to4/3
 s_5/3to5/4 s_5/3to5/2
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_0/1 c_0/1 s_0/2to0/1 s_0/1to0/0 s_0/1to1/1
 s_0/1toleft1
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_0/2to1/2 s_1/2to1/1 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_2/2to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
 s_1/2to1/3
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/2to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_2/2to3/2 s_3/2to3/1 s_3/2to3/3
 s_3/2to4/2
 h-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_4/3to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to5/2
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to3/3
 m-green-to-all-ways tl_4/1 c_4/1 s_4/2to4/1 s_4/1to3/1 s_4/1to4/0
 s_4/1to5/1
 h-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_6/2to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to5/3
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2

Step: 1196, long stopped vehicles count: 203
 Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 1196:

m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_2/2to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
s_1/2to1/3

m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
s_3/2to3/3

m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
s_4/2to4/3

l-green-to-two-red-to-one tl_5/3 c_5/3 s_6/3to5/3 s_5/3to4/3
s_5/3to5/4 s_5/3to5/2

h-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_6/2to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
s_5/2to5/3

Actions to be executed in the future:

l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
s_2/1to2/2 s_2/1to3/1

m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
s_2/0tobottom2

m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1

m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1

m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1

m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
s_1/0tobottom1

m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
s_2/1to3/1

m-green-to-all-ways tl_3/3 c_3/3 s_3/2to3/3 s_3/3to2/3 s_3/3to3/4
s_3/3to4/3

m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
s_6/4totop6

m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
s_6/2toright2

m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
s_1/1to2/1

m-green-to-two-red-to-one tl_1/1 c_1/1 s_0/1to1/1 s_1/1to1/0
s_1/1to1/2 s_1/1to2/1

m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
s_2/1to3/1

m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
s_5/2to6/2

m-green-to-all-ways tl_0/1 c_0/1 s_0/2to0/1 s_0/1to0/0 s_0/1to1/1
s_0/1toleft1

m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_0/2to1/2 s_1/2to1/1 s_1/2to1/3
s_1/2to2/2

m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_2/2to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
s_1/2to1/3

m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/2to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/0
s_2/1to3/1

m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_2/2to3/2 s_3/2to3/1 s_3/2to3/3
s_3/2to4/2

h-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_4/3to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
s_4/2to5/2

m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
s_3/2to3/3

m-green-to-all-ways tl_4/1 c_4/1 s_4/2to4/1 s_4/1to3/1 s_4/1to4/0
s_4/1to5/1

m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
s_4/2to4/3

m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
s_5/2to6/2

Step: 1247, long stopped vehicles count: 229
Non-executed actions in the plan previously calculated.
Actions from a previous plan executed in step 1247:
m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
s_2/1to3/1
m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_0/2to1/2 s_1/2to1/1 s_1/2to1/3
s_1/2to2/2
h-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_4/3to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
s_4/2to5/2
Actions to be executed in the future:
l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
s_2/0tobottom2
m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1
m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1
m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1
m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
s_1/0tobottom1
m-green-to-all-ways tl_3/3 c_3/3 s_3/2to3/3 s_3/3to2/3 s_3/3to3/4
s_3/3to4/3
m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
s_6/4totop6
m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
s_6/2toright2
m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
s_1/1to2/1
m-green-to-two-red-to-one tl_1/1 c_1/1 s_0/1to1/1 s_1/1to1/0
s_1/1to1/2 s_1/1to2/1
m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
s_2/1to3/1
m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
s_5/2to6/2
m-green-to-all-ways tl_0/1 c_0/1 s_0/2to0/1 s_0/1to0/0 s_0/1to1/1
s_0/1toleft1
m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_2/2to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
s_1/2to1/3
m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/2to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/0
s_2/1to3/1
m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_2/2to3/2 s_3/2to3/1 s_3/2to3/3
s_3/2to4/2
m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
s_3/2to3/3
m-green-to-all-ways tl_4/1 c_4/1 s_4/2to4/1 s_4/1to3/1 s_4/1to4/0
s_4/1to5/1
m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
s_4/2to4/3
m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
s_5/2to6/2

Step: 1298, long stopped vehicles count: 181
Non-executed actions in the plan previously calculated.
Actions from a previous plan executed in step 1298:
l-green-to-two-red-to-one tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0
s_2/1to2/2 s_2/1to3/1
m-green-to-all-ways tl_0/1 c_0/1 s_0/2to0/1 s_0/1to0/0 s_0/1to1/1
s_0/1toleft1

m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_2/2to1/2 s_1/2to0/2 s_1/2to1/1
 s_1/2to1/3
 m-green-to-all-ways tl_4/2 c_4/2 s_5/2to4/2 s_4/2to3/2 s_4/2to4/1
 s_4/2to4/3
 Actions to be executed in the future:
 m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_3/3 c_3/3 s_3/2to3/3 s_3/3to2/3 s_3/3to3/4
 s_3/3to4/3
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-two-red-to-one tl_1/1 c_1/1 s_0/1to1/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to1/2 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/2to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_2/2to3/2 s_3/2to3/1 s_3/2to3/3
 s_3/2to4/2
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to3/3
 m-green-to-all-ways tl_4/1 c_4/1 s_4/2to4/1 s_4/1to3/1 s_4/1to4/0
 s_4/1to5/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2

Step: 1349, long stopped vehicles count: 139

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 1349:

m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_3/3 c_3/3 s_3/2to3/3 s_3/3to2/3 s_3/3to3/4
 s_3/3to4/3
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_1/1to2/1 s_2/1to2/0 s_2/1to2/2
 s_2/1to3/1

Actions to be executed in the future:

m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6

m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-two-red-to-one tl_1/1 c_1/1 s_0/1to1/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to1/2 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/2to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_2/2to3/2 s_3/2to3/1 s_3/2to3/3
 s_3/2to4/2
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to3/3
 m-green-to-all-ways tl_4/1 c_4/1 s_4/2to4/1 s_4/1to3/1 s_4/1to4/0
 s_4/1to5/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2

Step: 1400, long stopped vehicles count: 135

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 1400:

m-green-to-two-red-to-one tl_1/1 c_1/1 s_0/1to1/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to1/2 s_1/1to2/1

Actions to be executed in the future:

m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/2to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to3/1
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_2/2to3/2 s_3/2to3/1 s_3/2to3/3
 s_3/2to4/2
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to3/3
 m-green-to-all-ways tl_4/1 c_4/1 s_4/2to4/1 s_4/1to3/1 s_4/1to4/0
 s_4/1to5/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2

Step: 1451, long stopped vehicles count: 101

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 1451:

m-green-to-all-ways tl_2/1 c_2/1 s_2/2to2/1 s_2/1to1/1 s_2/1to2/0
 s_2/1to3/1

Actions to be executed in the future:

m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2

m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_2/2to3/2 s_3/2to3/1 s_3/2to3/3
 s_3/2to4/2
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to3/3
 m-green-to-all-ways tl_4/1 c_4/1 s_4/2to4/1 s_4/1to3/1 s_4/1to4/0
 s_4/1to5/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2

Step: 1502, long stopped vehicles count: 87

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 1502:

m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_1/2to1/1 s_1/1to0/1 s_1/1to1/0
 s_1/1to2/1
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_2/2to3/2 s_3/2to3/1 s_3/2to3/3
 s_3/2to4/2

Actions to be executed in the future:

m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to3/3
 m-green-to-all-ways tl_4/1 c_4/1 s_4/2to4/1 s_4/1to3/1 s_4/1to4/0
 s_4/1to5/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2

Step: 1553, long stopped vehicles count: 70

Non-executed actions in the plan previously calculated.

The non-executed actions are not suitable for the current scenario.

Step: 1553, long stopped vehicles count: 70

New plan, step 1553:

Planner time in this step:16.3326020241

Actions executed in step 1553:

l-green-to-two-red-to-one tl_0/1 c_0/1 s_0/2to0/1 s_0/1to0/0
 s_0/1toleft1 s_0/1to1/1

m-green-to-all-ways tl_0/2 c_0/2 s_0/1to0/2 s_0/2to0/3 s_0/2to1/2
 s_0/2toleft2
 m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_0/2to1/2 s_1/2to1/1 s_1/2to1/3
 s_1/2to2/2
 Actions to be executed in the next step:
 m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to3/3
 m-green-to-all-ways tl_4/1 c_4/1 s_4/2to4/1 s_4/1to3/1 s_4/1to4/0
 s_4/1to5/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_0/1to1/1 s_1/1to1/0 s_1/1to1/2
 s_1/1to2/1
 h-green-to-all-ways tl_0/2 c_0/2 s_0/3to0/2 s_0/2to0/1 s_0/2to1/2
 s_0/2toleft2
 m-green-to-all-ways tl_0/1 c_0/1 s_0/2to0/1 s_0/1to0/0 s_0/1to1/1
 s_0/1toleft1

Step: 1604, long stopped vehicles count: 73

Non-executed actions in the plan previously calculated.

Actions from a previous plan executed in step 1604:

h-green-to-all-ways tl_0/2 c_0/2 s_0/3to0/2 s_0/2to0/1 s_0/2to1/2
 s_0/2toleft2

Actions to be executed in the future:

m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
 s_2/0tobottom2
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
 s_5/1to6/1
 m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
 s_1/0tobottom1
 m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
 s_6/4totop6
 m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
 s_6/2toright2
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
 s_3/2to3/3
 m-green-to-all-ways tl_4/1 c_4/1 s_4/2to4/1 s_4/1to3/1 s_4/1to4/0
 s_4/1to5/1
 m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
 s_5/2to6/2
 m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_0/1to1/1 s_1/1to1/0 s_1/1to1/2
 s_1/1to2/1

m-green-to-all-ways tl_0/1 c_0/1 s_0/2to0/1 s_0/1to0/0 s_0/1to1/1
s_0/1toleft1

Step: 1655, long stopped vehicles count: 59
Non-executed actions in the plan previously calculated.
The non-executed actions are not suitable for the current scenario.
Step: 1655, long stopped vehicles count: 59

New plan, step 1655:

Planner time in this step:16.5958678722

Actions executed in step 1655:

h-green-to-all-ways tl_0/2 c_0/2 s_0/3to0/2 s_0/2to0/1 s_0/2to1/2
s_0/2toleft2

m-green-to-all-ways tl_1/2 c_1/2 s_0/2to1/2 s_1/2to1/1 s_1/2to1/3
s_1/2to2/2

Actions to be executed in the next step:

m-green-to-all-ways tl_2/0 c_2/0 s_3/0to2/0 s_2/0to1/0 s_2/0to2/1
s_2/0tobottom2

m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1

m-green-to-all-ways tl_5/1 c_5/1 s_5/2to5/1 s_5/1to4/1 s_5/1to5/0
s_5/1to6/1

m-green-to-all-ways tl_1/0 c_1/0 s_1/1to1/0 s_1/0to0/0 s_1/0to2/0
s_1/0tobottom1

m-green-to-all-ways tl_6/4 c_6/4 s_5/4to6/4 s_6/4to6/3 s_6/4toright4
s_6/4totop6

m-green-to-all-ways tl_6/2 c_6/2 s_5/2to6/2 s_6/2to6/1 s_6/2to6/3
s_6/2toright2

m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_5/3to5/2 s_5/2to4/2 s_5/2to5/1
s_5/2to6/2

m-green-to-all-ways tl_3/2 c_3/2 s_4/2to3/2 s_3/2to2/2 s_3/2to3/1
s_3/2to3/3

m-green-to-all-ways tl_4/1 c_4/1 s_4/2to4/1 s_4/1to3/1 s_4/1to4/0
s_4/1to5/1

m-green-to-all-ways tl_5/2 c_5/2 s_4/2to5/2 s_5/2to5/1 s_5/2to5/3
s_5/2to6/2

m-green-to-all-ways tl_1/1 c_1/1 s_0/1to1/1 s_1/1to1/0 s_1/1to1/2
s_1/1to2/1

m-green-to-all-ways tl_0/1 c_0/1 s_0/2to0/1 s_0/1to0/0 s_0/1to1/1
s_0/1toleft1

Step: 1706, long stopped vehicles count: 21
Non-executed actions in the plan previously calculated.
The non-executed actions are not suitable for the current scenario.
No new plan, no critical streets yet.

Step: 1757, long stopped vehicles count: 5
No remain actions in a plan previously calculated.
No new plan, no critical streets yet.

Simulation finished in 2012 steps.

Total CO2 Emission: 568.360905522 Kg.

Number of Planner Executions: 6.

Mean Planner time: 16.9797467788.

Standard Deviation: 0.434416840584.

Number of times Planner avoid: 18.

Dominio PDDL

```
(define (domain traffic)

  (:requirements :adl :typing)

  (:types density street traffic-light crossing state)

  (:constants

    red green yellow - state

    very-low low moderate high very-high - density

  )

  (:predicates

    (goes-into ?s - street ?c - crossing)

    (goes-out ?s - street ?c - crossing)

    (opposite-direction ?s1 - street ?s2 - street)

    (traffic-lights-from-street ?t - traffic-light ?c - crossing
?s - street)

    (traffic-lights-to-street ?t - traffic-light ?c - crossing
?s - street)

    (state-from-street ?t - traffic-light ?st - street ?s -
state)

    (state-to-street ?t - traffic-light ?st - street ?s - state)

    (densityLevel ?s - street ?d - density)

  )

  ;;2 outs in each junction

  (:action l-red-to-two

    :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

    :precondition (and

      (goes-into ?sin ?c)

      (goes-out ?sout1 ?c)

      (goes-out ?sout2 ?c)
```

```

(not (goes-out ?sout3 ?c))

(not (= ?sout2 ?sout1))

(not (= ?sout2 ?sout3))

(not (= ?sout3 ?sout1))

(traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

(traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

(traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

(not (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3))

(not (densityLevel ?sout1 very-low))

(not (densityLevel ?sout1 low))

(not (densityLevel ?sout1 moderate))

(not (densityLevel ?sout2 very-low))

(not (densityLevel ?sout2 low))

(not (densityLevel ?sout2 moderate))

(not (densityLevel ?sin very-high))

(not (densityLevel ?sin high))

)

:effect (and

(not (state-to-street ?t ?sout1 green))

(not (state-to-street ?t ?sout2 green))

(state-to-street ?t ?sout1 red)

(state-to-street ?t ?sout2 red)

(not (densityLevel ?sin low))

(not (densityLevel ?sin very-low))

(densityLevel ?sin moderate)

(not (densityLevel ?sout1 high))

(not (densityLevel ?sout1 very-high))

(densityLevel ?sout1 moderate)

(not (densityLevel ?sout2 high))

(not (densityLevel ?sout2 very-high))

```

```

        (densityLevel ?sout2 moderate)

    )

)

(:action l-green-and-red-to-one

  :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
    ?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

  :precondition (and

    (goes-into ?sin ?c)

    (goes-out ?sout1 ?c)

    (goes-out ?sout2 ?c)

    (not (goes-out ?sout3 ?c))

    (not (= ?sout2 ?sout1))

    (not (= ?sout2 ?sout3))

    (not (= ?sout3 ?sout1))

    (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

    (not (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3))

    (not (densityLevel ?sout1 very-high))

    (not (densityLevel ?sout1 high))

    (not (densityLevel ?sout2 very-low))

    (not (densityLevel ?sout2 low))

    (not (densityLevel ?sout2 moderate))

    (not (densityLevel ?sin very-high))

    (not (densityLevel ?sin high))

  )

  :effect (and

    (not (state-to-street ?t ?sout1 red))

    (not (state-to-street ?t ?sout2 green))

    (state-to-street ?t ?sout1 green)

```

```

(state-to-street ?t ?sout2 red)

(not (densityLevel ?sin moderate))

(not (densityLevel ?sin very-low))

(densityLevel ?sin low)

(not (densityLevel ?sout1 low))

(not (densityLevel ?sout1 very-low))

(densityLevel ?sout1 moderate)

(not (densityLevel ?sout2 high))

(not (densityLevel ?sout2 very-high))

(densityLevel ?sout2 moderate)

    )

)

(:action h-green-and-red-to-one

  :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

  :precondition (and

    (goes-into ?sin ?c)

    (goes-out ?sout1 ?c)

    (goes-out ?sout2 ?c)

    (not (goes-out ?sout3 ?c))

    (not (= ?sout2 ?sout1))

    (not (= ?sout2 ?sout3))

    (not (= ?sout3 ?sout1))

    (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

    (not (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3))

    (not (densityLevel ?sout1 very-high))

    (not (densityLevel ?sout1 high))

    (not (densityLevel ?sout2 very-low))

```

```

(not (densityLevel ?sout2 low))

(not (densityLevel ?sout2 moderate))

(not (densityLevel ?sin moderate))

(not (densityLevel ?sin very-low))

(not (densityLevel ?sin low))

)

:effect (and

(not (state-to-street ?t ?sout1 red))

(not (state-to-street ?t ?sout2 green))

(state-to-street ?t ?sout1 green)

(state-to-street ?t ?sout2 red)

(not (densityLevel ?sin high))

(not (densityLevel ?sin very-high))

(densityLevel ?sin moderate)

(not (densityLevel ?sout1 low))

(not (densityLevel ?sout1 very-low))

(densityLevel ?sout1 moderate)

(not (densityLevel ?sout2 high))

(not (densityLevel ?sout2 very-high))

(densityLevel ?sout2 moderate)

)

)

(:action h-green-to-two

:parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

:precondition (and

(goes-into ?sin ?c)

(goes-out ?sout1 ?c)

(goes-out ?sout2 ?c)

(not (goes-out ?sout3 ?c))

```

```

(not (= ?sout2 ?sout1))

(not (= ?sout2 ?sout3))

(not (= ?sout3 ?sout1))

(traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

(traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

(traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

(not (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3))

(not (densityLevel ?sout1 very-high))

(not (densityLevel ?sout1 high))

(not (densityLevel ?sout2 very-high))

(not (densityLevel ?sout2 high))

(not (densityLevel ?sin moderate))

(not (densityLevel ?sin very-low))

(not (densityLevel ?sin low))

)

:effect (and

(not (state-to-street ?t ?sout1 red))

(not (state-to-street ?t ?sout2 red))

(state-to-street ?t ?sout1 green)

(state-to-street ?t ?sout2 green)

(not (densityLevel ?sin high))

(not (densityLevel ?sin very-high))

(densityLevel ?sin low)

(not (densityLevel ?sout1 moderate))

(not (densityLevel ?sout1 very-low))

(densityLevel ?sout1 low)

(not (densityLevel ?sout2 moderate))

(not (densityLevel ?sout2 very-low))

(densityLevel ?sout2 low)

)

```



```

)

(:action m-red-to-two

  :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
    ?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

  :precondition (and

    (goes-into ?sin ?c)

    (goes-out ?sout1 ?c)

    (goes-out ?sout2 ?c)

    (not (goes-out ?sout3 ?c))

    (not (= ?sout2 ?sout1))

    (not (= ?sout2 ?sout3))

    (not (= ?sout3 ?sout1))

    (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

    (not (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3))

    (not (densityLevel ?sout1 very-low))

    (not (densityLevel ?sout1 low))

    (not (densityLevel ?sout1 moderate))

    (not (densityLevel ?sout2 very-low))

    (not (densityLevel ?sout2 low))

    (not (densityLevel ?sout2 moderate))

    (densityLevel ?sin moderate)

  )

  :effect (and

    (not (state-to-street ?t ?sout1 green))

    (not (state-to-street ?t ?sout2 green))

    (state-to-street ?t ?sout1 red)

    (state-to-street ?t ?sout2 red)

    (not (densityLevel ?sin moderate))
  )
)

```

```

        (densityLevel ?sin high)

        (not (densityLevel ?sout1 high))

        (not (densityLevel ?sout1 very-high))

        (densityLevel ?sout1 moderate)

        (not (densityLevel ?sout2 high))

        (not (densityLevel ?sout2 very-high))

        (densityLevel ?sout2 moderate)

    )

)

(:action m-green-and-red-to-one

  :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
    ?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

  :precondition (and

    (goes-into ?sin ?c)

    (goes-out ?sout1 ?c)

    (goes-out ?sout2 ?c)

    (not (goes-out ?sout3 ?c))

    (not (= ?sout2 ?sout1))

    (not (= ?sout2 ?sout3))

    (not (= ?sout3 ?sout1))

    (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

    (not (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3))

    (not (densityLevel ?sout1 very-high))

    (not (densityLevel ?sout1 high))

    (not (densityLevel ?sout2 very-low))

    (not (densityLevel ?sout2 low))

    (not (densityLevel ?sout2 moderate))

    (densityLevel ?sin moderate)
  )
)

```

```

        )

:effect (and

    (not (state-to-street ?t ?sout1 red))

    (not (state-to-street ?t ?sout2 green))

    (state-to-street ?t ?sout1 green)

    (state-to-street ?t ?sout2 red)

    (not (densityLevel ?sin moderate))

    (not (densityLevel ?sin very-low))

    (densityLevel ?sin low)

    (not (densityLevel ?sout1 moderate))

    (not (densityLevel ?sout1 very-low))

    (densityLevel ?sout1 low)

    (not (densityLevel ?sout2 high))

    (not (densityLevel ?sout2 very-high))

    (densityLevel ?sout2 moderate)

    )

)

(:action hm-green-to-two

    :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

    :precondition (and

        (goes-into ?sin ?c)

        (goes-out ?sout1 ?c)

        (goes-out ?sout2 ?c)

        (not (goes-out ?sout3 ?c))

        (not (= ?sout2 ?sout1))

        (not (= ?sout2 ?sout3))

        (not (= ?sout3 ?sout1))

        (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

        (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

```

```

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

    (not (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3))

    (densityLevel ?sout1 moderate)

    (densityLevel ?sout2 moderate)

    (densityLevel ?sin high)

    )

:effect (and

    (not (state-to-street ?t ?sout1 red))

    (not (state-to-street ?t ?sout2 red))

    (state-to-street ?t ?sout1 green)

    (state-to-street ?t ?sout2 green)

    (not (densityLevel ?sin high))

    (densityLevel ?sin low)

    (not (densityLevel ?sout1 moderate))

    (densityLevel ?sout1 low)

    (not (densityLevel ?sout2 moderate))

    (densityLevel ?sout2 low)

    )

)

;;3 outs in each junction

(:action 1-green-to-one-red-to-two

    :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

    :precondition (and

        (goes-into ?sin ?c)

        (goes-out ?sout1 ?c)

        (goes-out ?sout2 ?c)

        (goes-out ?sout3 ?c)

        (not (= ?sout2 ?sout1))

        (not (= ?sout2 ?sout3))

        (not (= ?sout3 ?sout1))

```

```

(traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

(traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

(traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

(traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3)

(not (densityLevel ?sout1 very-high))

(not (densityLevel ?sout1 high))

(not (densityLevel ?sout2 very-low))

(not (densityLevel ?sout2 low))

(not (densityLevel ?sout2 moderate))

(not (densityLevel ?sout3 very-low))

(not (densityLevel ?sout3 low))

(not (densityLevel ?sout3 moderate))

(not (densityLevel ?sin high))

(not (densityLevel ?sin very-high))

)

:effect (and

(not (state-to-street ?t ?sout1 red))

(not (state-to-street ?t ?sout2 green))

(not (state-to-street ?t ?sout3 green))

(state-to-street ?t ?sout1 green)

(state-to-street ?t ?sout2 red)

(state-to-street ?t ?sout3 red)

(not (densityLevel ?sin low))

(not (densityLevel ?sin very-low))

(densityLevel ?sin moderate)

(not (densityLevel ?sout1 low))

(not (densityLevel ?sout1 very-low))

(densityLevel ?sout1 moderate)

(not (densityLevel ?sout2 high))

(not (densityLevel ?sout2 very-high))

```

```

        (densityLevel ?sout2 moderate)

        (not (densityLevel ?sout3 high))

        (not (densityLevel ?sout3 very-high))

        (densityLevel ?sout3 moderate)

    )

)

(:action 1-green-to-two-red-to-one

  :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
    ?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

  :precondition (and

    (goes-into ?sin ?c)

    (goes-out ?sout1 ?c)

    (goes-out ?sout2 ?c)

    (goes-out ?sout3 ?c)

    (not (= ?sout2 ?sout1))

    (not (= ?sout2 ?sout3))

    (not (= ?sout3 ?sout1))

    (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3)

    (not (densityLevel ?sout1 very-high))

    (not (densityLevel ?sout1 high))

    (not (densityLevel ?sout2 very-high))

    (not (densityLevel ?sout2 high))

    (not (densityLevel ?sout3 very-low))

    (not (densityLevel ?sout3 low))

    (not (densityLevel ?sout3 moderate))

    (not (densityLevel ?sin high))

    (not (densityLevel ?sin very-high))
  )

```

```

    )

:effect (and

    (not (state-to-street ?t ?sout1 red))

    (not (state-to-street ?t ?sout2 red))

    (not (state-to-street ?t ?sout3 green))

    (state-to-street ?t ?sout1 green)

    (state-to-street ?t ?sout2 green)

    (state-to-street ?t ?sout3 red)

    (not (densityLevel ?sin moderate))

    (not (densityLevel ?sin very-low))

    (densityLevel ?sin low)

    (not (densityLevel ?sout1 low))

    (not (densityLevel ?sout1 very-low))

    (densityLevel ?sout1 moderate)

    (not (densityLevel ?sout2 low))

    (not (densityLevel ?sout2 very-low))

    (densityLevel ?sout2 moderate)

    (not (densityLevel ?sout3 high))

    (not (densityLevel ?sout3 very-high))

    (densityLevel ?sout3 moderate)

    )

)

(:action h-green-to-two-red-to-one

  :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
    ?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

  :precondition (and

    (goes-into ?sin ?c)

    (goes-out ?sout1 ?c)

    (goes-out ?sout2 ?c)

    (goes-out ?sout3 ?c)

```

```

(not (= ?sout2 ?sout1))

(not (= ?sout2 ?sout3))

(not (= ?sout3 ?sout1))

(traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

(traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

(traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

(traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3)

(not (densityLevel ?sout1 very-high))

(not (densityLevel ?sout1 high))

(not (densityLevel ?sout2 very-high))

(not (densityLevel ?sout2 high))

(not (densityLevel ?sout3 very-low))

(not (densityLevel ?sout3 low))

(not (densityLevel ?sout3 moderate))

(not (densityLevel ?sin low))

(not (densityLevel ?sin very-low))

(not (densityLevel ?sin moderate))

)

:effect (and

(not (state-to-street ?t ?sout1 red))

(not (state-to-street ?t ?sout2 red))

(not (state-to-street ?t ?sout3 green))

(state-to-street ?t ?sout1 green)

(state-to-street ?t ?sout2 green)

(state-to-street ?t ?sout3 red)

(not (densityLevel ?sin high))

(not (densityLevel ?sin very-high))

(densityLevel ?sin low)

(not (densityLevel ?sout1 low))

(not (densityLevel ?sout1 very-low))

```



```

        (densityLevel ?sout1 moderate)

        (not (densityLevel ?sout2 low))

        (not (densityLevel ?sout2 very-low))

        (densityLevel ?sout2 moderate)

        (not (densityLevel ?sout3 high))

        (not (densityLevel ?sout3 very-high))

        (densityLevel ?sout3 moderate)

        )
    )

    (:action h-green-to-one-red-to-two

      :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
        ?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

      :precondition (and

        (goes-into ?sin ?c)

        (goes-out ?sout1 ?c)

        (goes-out ?sout2 ?c)

        (goes-out ?sout3 ?c)

        (not (= ?sout2 ?sout1))

        (not (= ?sout2 ?sout3))

        (not (= ?sout3 ?sout1))

        (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

        (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

        (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

        (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3)

        (not (densityLevel ?sout1 very-high))

        (not (densityLevel ?sout1 high))

        (not (densityLevel ?sout2 very-low))

        (not (densityLevel ?sout2 low))

        (not (densityLevel ?sout2 moderate))

        (not (densityLevel ?sout3 very-low))

```

```

(not (densityLevel ?sout3 low))

(not (densityLevel ?sout3 moderate))

(not (densityLevel ?sin very-low))

(not (densityLevel ?sin low))

(not (densityLevel ?sin moderate))

    )
:effect (and

  (not (state-to-street ?t ?sout1 red))

  (not (state-to-street ?t ?sout2 green))

  (not (state-to-street ?t ?sout3 green))

  (state-to-street ?t ?sout1 green)

  (state-to-street ?t ?sout2 red)

  (state-to-street ?t ?sout3 red)

  (not (densityLevel ?sin high))

  (not (densityLevel ?sin very-high))

  (densityLevel ?sin moderate)

  (not (densityLevel ?sout1 low))

  (not (densityLevel ?sout1 very-low))

  (densityLevel ?sout1 moderate)

  (not (densityLevel ?sout2 high))

  (not (densityLevel ?sout2 very-high))

  (densityLevel ?sout2 moderate)

  (not (densityLevel ?sout3 high))

  (not (densityLevel ?sout3 very-high))

  (densityLevel ?sout3 moderate)

    )

)

(:action h-green-to-all-ways

  :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

```

```



```

```

(not (densityLevel ?sin very-high))

(densityLevel ?sin low)

(not (densityLevel ?sout1 low))

(not (densityLevel ?sout1 very-low))

(densityLevel ?sout1 moderate)

(not (densityLevel ?sout2 low))

(not (densityLevel ?sout2 very-low))

(densityLevel ?sout2 moderate)

(not (densityLevel ?sout3 low))

(not (densityLevel ?sout3 very-low ))

(densityLevel ?sout3 moderate)

    )

)

(:action l-red-to-all-ways

  :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

  :precondition (and

    (goes-into ?sin ?c)

    (goes-out ?sout1 ?c)

    (goes-out ?sout2 ?c)

    (goes-out ?sout3 ?c)

    (not (= ?sout2 ?sout1))

    (not (= ?sout2 ?sout3))

    (not (= ?sout3 ?sout1))

    (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3)

    (not (densityLevel ?sout1 very-low))

    (not (densityLevel ?sout1 low))

```

```

(not (densityLevel ?sout1 moderate))

(not (densityLevel ?sout2 very-low))

(not (densityLevel ?sout2 low))

(not (densityLevel ?sout2 moderate))

(not (densityLevel ?sout3 very-low))

(not (densityLevel ?sout3 low))

(not (densityLevel ?sout3 moderate))

(not (densityLevel ?sin high))

(not (densityLevel ?sin very-high))

)

:effect (and

(not (state-to-street ?t ?sout1 green))

(not (state-to-street ?t ?sout2 green))

(not (state-to-street ?t ?sout3 green))

(state-to-street ?t ?sout1 red)

(state-to-street ?t ?sout2 red)

(state-to-street ?t ?sout3 red)

(not (densityLevel ?sin low))

(not (densityLevel ?sin very-low))

(densityLevel ?sin moderate)

(not (densityLevel ?sout1 high))

(not (densityLevel ?sout1 very-high))

(densityLevel ?sout1 moderate)

(not (densityLevel ?sout2 high))

(not (densityLevel ?sout2 very-high))

(densityLevel ?sout2 moderate)

(not (densityLevel ?sout3 high))

(not (densityLevel ?sout3 very-high))

(densityLevel ?sout3 moderate)

)

```

```

)

(:action m-green-to-all-ways

  :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
    ?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

  :precondition (and

    (goes-into ?sin ?c)

    (goes-out ?sout1 ?c)

    (goes-out ?sout2 ?c)

    (goes-out ?sout3 ?c)

    (not (= ?sout2 ?sout1))

    (not (= ?sout2 ?sout3))

    (not (= ?sout3 ?sout1))

    (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3)

    (not (densityLevel ?sout1 very-high))

    (not (densityLevel ?sout1 high))

    (not (densityLevel ?sout2 very-high))

    (not (densityLevel ?sout2 high))

    (not (densityLevel ?sout3 very-high))

    (not (densityLevel ?sout3 high))

    (densityLevel ?sin moderate)

  )

  :effect (and

    (not (state-to-street ?t ?sout1 red))

    (not (state-to-street ?t ?sout2 red))

    (not (state-to-street ?t ?sout3 red))

    (state-to-street ?t ?sout1 green)

    (state-to-street ?t ?sout2 green)

```

```

(state-to-street ?t ?sout3 green)

(not (densityLevel ?sin moderate))

(densityLevel ?sin low)

(not (densityLevel ?sout1 moderate))

(not (densityLevel ?sout1 very-low))

(densityLevel ?sout1 low)

(not (densityLevel ?sout2 moderate))

(not (densityLevel ?sout2 very-low))

(densityLevel ?sout2 low)

(not (densityLevel ?sout3 moderate))

(not (densityLevel ?sout3 very-low ))

(densityLevel ?sout3 low)

    )

)

(:action m-green-to-two-red-to-one

  :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

  :precondition (and

    (goes-into ?sin ?c)

    (goes-out ?sout1 ?c)

    (goes-out ?sout2 ?c)

    (goes-out ?sout3 ?c)

    (not (= ?sout2 ?sout1))

    (not (= ?sout2 ?sout3))

    (not (= ?sout3 ?sout1))

    (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3)

    (not (densityLevel ?sout1 very-high))

```

```

(not (densityLevel ?sout1 high))

(not (densityLevel ?sout2 very-high))

(not (densityLevel ?sout2 high))

(not (densityLevel ?sout3 very-low))

(not (densityLevel ?sout3 low))

(not (densityLevel ?sout3 moderate))

(densityLevel ?sin moderate)

)

:effect (and

(not (state-to-street ?t ?sout1 red))

(not (state-to-street ?t ?sout2 red))

(not (state-to-street ?t ?sout3 green))

(state-to-street ?t ?sout1 green)

(state-to-street ?t ?sout2 green)

(state-to-street ?t ?sout3 red)

(not (densityLevel ?sin moderate))

(densityLevel ?sin low)

(not (densityLevel ?sout1 moderate))

(not (densityLevel ?sout1 very-low))

(densityLevel ?sout1 low)

(not (densityLevel ?sout2 moderate))

(not (densityLevel ?sout2 very-low))

(densityLevel ?sout2 low)

(not (densityLevel ?sout3 high))

(not (densityLevel ?sout3 very-high))

(densityLevel ?sout3 moderate)

)

)

```

```

(:action m-green-to-one-red-to-two

```



```

:parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

:precondition (and

  (goes-into ?sin ?c)

  (goes-out ?sout1 ?c)

  (goes-out ?sout2 ?c)

  (goes-out ?sout3 ?c)

  (not (= ?sout2 ?sout1))

  (not (= ?sout2 ?sout3))

  (not (= ?sout3 ?sout1))

  (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

  (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

  (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

  (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3)

  (not (densityLevel ?sout1 very-high))

  (not (densityLevel ?sout1 high))

  (not (densityLevel ?sout2 very-low))

  (not (densityLevel ?sout2 low))

  (not (densityLevel ?sout2 moderate))

  (not (densityLevel ?sout3 very-low))

  (not (densityLevel ?sout3 low))

  (not (densityLevel ?sout3 moderate))

  (densityLevel ?sin moderate)

)

:effect (and

  (not (state-to-street ?t ?sout1 red))

  (not (state-to-street ?t ?sout2 green))

  (not (state-to-street ?t ?sout3 green))

  (state-to-street ?t ?sout1 green)

  (state-to-street ?t ?sout2 red)

  (state-to-street ?t ?sout3 red)

```

```

(not (densityLevel ?sin moderate))

(densityLevel ?sin low)

(not (densityLevel ?sout1 moderate))

(not (densityLevel ?sout1 very-low))

(densityLevel ?sout1 low)

(not (densityLevel ?sout2 high))

(not (densityLevel ?sout2 very-high))

(densityLevel ?sout2 moderate)

(not (densityLevel ?sout3 high))

(not (densityLevel ?sout3 very-high))

(densityLevel ?sout3 moderate)

    )

)

(:action m-red-to-all-ways

  :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

  :precondition (and

    (goes-into ?sin ?c)

    (goes-out ?sout1 ?c)

    (goes-out ?sout2 ?c)

    (goes-out ?sout3 ?c)

    (not (= ?sout2 ?sout1))

    (not (= ?sout2 ?sout3))

    (not (= ?sout3 ?sout1))

    (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3)

    (not (densityLevel ?sout1 very-low))

    (not (densityLevel ?sout1 low))

```

```

(not (densityLevel ?sout1 moderate))

(not (densityLevel ?sout2 very-low))

(not (densityLevel ?sout2 low))

(not (densityLevel ?sout2 moderate))

(not (densityLevel ?sout3 very-low))

(not (densityLevel ?sout3 low))

(not (densityLevel ?sout3 moderate))

(densityLevel ?sin moderate)

)

:effect (and

(not (state-to-street ?t ?sout1 green))

(not (state-to-street ?t ?sout2 green))

(not (state-to-street ?t ?sout3 green))

(state-to-street ?t ?sout1 red)

(state-to-street ?t ?sout2 red)

(state-to-street ?t ?sout3 red)

(not (densityLevel ?sin moderate))

(densityLevel ?sin high)

(not (densityLevel ?sout1 high))

(not (densityLevel ?sout1 very-high))

(densityLevel ?sout1 moderate)

(not (densityLevel ?sout2 high))

(not (densityLevel ?sout2 very-high))

(densityLevel ?sout2 moderate)

(not (densityLevel ?sout3 high))

(not (densityLevel ?sout3 very-high))

(densityLevel ?sout3 moderate)

)

)

```

```

(:action hm-green-to-all-ways

  :parameters (?t - traffic-light ?c - crossing ?sin - street
    ?sout1 - street ?sout2 - street ?sout3 - street)

  :precondition (and

    (goes-into ?sin ?c)

    (goes-out ?sout1 ?c)

    (goes-out ?sout2 ?c)

    (goes-out ?sout3 ?c)

    (not (= ?sout2 ?sout1))

    (not (= ?sout2 ?sout3))

    (not (= ?sout3 ?sout1))

    (traffic-lights-from-street ?t ?c ?sin)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout1)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout2)

    (traffic-lights-to-street ?t ?c ?sout3)

    (densityLevel ?sout1 moderate)

    (densityLevel ?sout2 moderate)

    (densityLevel ?sout3 moderate)

    (densityLevel ?sin high)

    )

  :effect (and

    (not (state-to-street ?t ?sout1 red))

    (not (state-to-street ?t ?sout2 red))

    (not (state-to-street ?t ?sout3 red))

    (state-to-street ?t ?sout1 green)

    (state-to-street ?t ?sout2 green)

    (state-to-street ?t ?sout3 green)

    (not (densityLevel ?sin high))

    (densityLevel ?sin low)

    (not (densityLevel ?sout1 moderate))

    (densityLevel ?sout1 low)

```

```

(not (densityLevel ?sout2 moderate))

(densityLevel ?sout2 low)

(not (densityLevel ?sout3 moderate))

(densityLevel ?sout3 low)

)

)

)

```

Ejemplo de problema PDDL

```

(define (problem traffic1) (:domain traffic)

(:objects

s_103371696#0 s_103371696#1 s_103371696#2 s_103371696#3 s_103371696#4
s_103718269 s_105234280#0 s_105234280#4 s_105234280#5 s_105234280#6
s_105234280#7 s_124875319 s_124875320 s_124875321 s_124875327#0
s_124875327#1 s_124875327#2 s_124875327#3 s_124875327#4 s_297810848#0
s_297810848#5 s_297810849#0 s_297810849#3 s_297810849#4 s_297982417#0
s_297982417#1 s_297982417#2 s_297982417#3 s_298579938#0 s_298579938#10
s_298579938#11 s_298579938#8 s_298579938#9 s_54044824#0 s_54044824#1
s_54044824#2 s_54044824#3 s_54044824#4 - street

c_1182103183 c_1193695620 c_1193695639 c_1199379402 c_1246184740
c_152113845 c_152121796 c_152121799 c_152121802 c_152121805 c_152121812
c_152189427 c_152370735 c_152370738 c_152370741 c_152370748 c_152419807
c_152419810 c_152419813 c_152419816 c_152419819 c_152419830 c_152700480
c_152700517 c_152736084 c_152736088 c_152736090 c_152736097 c_152791976
c_153093645 c_153378749 - crossing

tl_152121796 tl_152121799 tl_152121802 tl_152121805 tl_152370735
tl_152370738 tl_152370741 tl_152419810 tl_152419813 tl_152419816
tl_152419819 tl_152700480 tl_152736084 tl_152736088 - traffic-light

)

(:init

(goes-into s_103371696#0 c_152736084)

(goes-into s_103371696#1 c_152736088)

(goes-into s_103371696#2 c_152736090)

(goes-into s_103371696#3 c_152700480)

(goes-into s_103371696#4 c_152736097)

(goes-into s_103718269 c_1246184740)

(goes-into s_105234280#0 c_152121805)

(goes-into s_105234280#4 c_152121802)

```

(goes-into s_105234280#5 c_152121799)
(goes-into s_105234280#6 c_152121796)
(goes-into s_105234280#7 c_1193695639)
(goes-into s_124875319 c_152419813)
(goes-into s_124875320 c_1182103183)
(goes-into s_124875321 c_152370735)
(goes-into s_124875327#0 c_152370738)
(goes-into s_124875327#1 c_152419816)
(goes-into s_124875327#2 c_152121802)
(goes-into s_124875327#3 c_152736090)
(goes-into s_124875327#4 c_152113845)
(goes-into s_297810848#0 c_152736088)
(goes-into s_297810848#5 c_152121799)
(goes-into s_297810849#0 c_152370741)
(goes-into s_297810849#3 c_152370738)
(goes-into s_297810849#4 c_152370735)
(goes-into s_297982417#0 c_152419810)
(goes-into s_297982417#1 c_152121796)
(goes-into s_297982417#2 c_152736084)
(goes-into s_297982417#3 c_152189427)
(goes-into s_298579938#0 c_152700480)
(goes-into s_298579938#10 c_152370741)
(goes-into s_298579938#11 c_1199379402)
(goes-into s_298579938#8 c_152121805)
(goes-into s_298579938#9 c_152419819)
(goes-into s_54044824#0 c_152419810)
(goes-into s_54044824#1 c_152419813)
(goes-into s_54044824#2 c_152419816)
(goes-into s_54044824#3 c_152419819)
(goes-into s_54044824#4 c_152419830)

(goes-out s_103371696#0 c_1193695620)
(goes-out s_103371696#1 c_152736084)
(goes-out s_103371696#2 c_152736088)
(goes-out s_103371696#3 c_152736090)
(goes-out s_103371696#4 c_152700480)
(goes-out s_103718269 c_152370735)
(goes-out s_105234280#0 c_152121812)
(goes-out s_105234280#4 c_152121805)
(goes-out s_105234280#5 c_152121802)
(goes-out s_105234280#6 c_152121799)
(goes-out s_105234280#7 c_152121796)
(goes-out s_124875319 c_152121799)
(goes-out s_124875320 c_152370735)
(goes-out s_124875321 c_152419813)
(goes-out s_124875327#0 c_153378749)
(goes-out s_124875327#1 c_152370738)
(goes-out s_124875327#2 c_152419816)
(goes-out s_124875327#3 c_152121802)
(goes-out s_124875327#4 c_152736090)
(goes-out s_297810848#0 c_153093645)
(goes-out s_297810848#5 c_152736088)
(goes-out s_297810849#0 c_152370748)
(goes-out s_297810849#3 c_152370741)
(goes-out s_297810849#4 c_152370738)
(goes-out s_297982417#0 c_152791976)
(goes-out s_297982417#1 c_152419810)
(goes-out s_297982417#2 c_152121796)
(goes-out s_297982417#3 c_152736084)
(goes-out s_298579938#0 c_152700517)
(goes-out s_298579938#10 c_152419819)

(goes-out s_298579938#11 c_152370741)
 (goes-out s_298579938#8 c_152700480)
 (goes-out s_298579938#9 c_152121805)
 (goes-out s_54044824#0 c_152419807)
 (goes-out s_54044824#1 c_152419810)
 (goes-out s_54044824#2 c_152419813)
 (goes-out s_54044824#3 c_152419816)
 (goes-out s_54044824#4 c_152419819)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121796_1)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121796_5)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121796_6)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121799_0)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121799_3)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121799_4)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121799_7)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121802_0)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121802_1)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121802_5)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121802_6)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121805_0)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121805_2)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121805_3)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152121805_6)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152370735_0)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152370735_2)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152370735_3)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152370735_6)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152370738_0)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152370738_1)
 (opposite-direction s_:152121796_0 s_:152370738_5)

(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152736088_0)

(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152121796_0 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121796_5)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121796_6)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121799_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121799_3)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121799_4)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121799_7)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121802_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121802_1)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121802_5)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121802_6)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121805_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121805_2)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121805_3)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152121805_6)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152370735_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152370735_2)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152370741_0)

(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152736088_5)

(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152121796_1 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121796_6)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121799_0)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121799_3)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121799_4)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121799_7)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121802_0)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121802_1)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121802_5)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121802_6)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121805_0)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121805_2)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121805_3)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152121805_6)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152370735_0)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152370735_2)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152370741_6)

(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419810_0)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419810_3)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419810_4)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419810_7)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419813_0)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419813_1)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419813_5)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419813_6)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419816_0)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419816_3)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152121796_5 s_:152736090_3)

(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152121796_5 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152121799_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152121799_3)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152121799_4)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152121799_7)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152121802_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152121802_1)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152121802_5)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152121802_6)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152121805_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152121805_2)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152121805_3)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152121805_6)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152370735_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152370735_2)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419810_7)

(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152121796_6 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152121799_0 s_:152121799_3)
(opposite-direction s_:152121799_0 s_:152121799_4)

(opposite-direction s_:152121799_0 s_:152121799_7)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152121802_0)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152121802_1)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152121802_5)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152121802_6)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152121805_0)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152121805_2)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152121805_3)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152121805_6)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152370735_0)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152370735_2)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152370735_3)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152370735_6)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152370738_0)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152370738_1)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152370738_5)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152370738_6)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152370741_0)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152370741_2)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152370741_3)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152370741_6)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419810_0)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419810_3)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419810_4)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419810_7)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419813_0)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419813_1)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419813_5)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419813_6)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419816_0)

(opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419816_3)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152121799_0 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152121799_3 s_:152121799_4)
 (opposite-direction s_:152121799_3 s_:152121799_7)
 (opposite-direction s_:152121799_3 s_:152121802_0)
 (opposite-direction s_:152121799_3 s_:152121802_1)
 (opposite-direction s_:152121799_3 s_:152121802_5)
 (opposite-direction s_:152121799_3 s_:152121802_6)
 (opposite-direction s_:152121799_3 s_:152121805_0)

(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152121805_2)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152121805_3)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152121805_6)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152370735_0)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152370735_2)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419819_4)

(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152121799_3 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152121799_7)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152121802_0)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152121802_1)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152121802_5)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152121802_6)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152121805_0)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152121805_2)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152121805_3)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152121805_6)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152370735_0)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152370735_2)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152370735_6)

(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152736084_3)

(opposite-direction s_:152121799_4 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152121799_4 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152121799_4 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152121799_4 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152121799_4 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152121799_4 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152121799_4 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152121799_4 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152121799_4 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152121799_4 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152121802_0)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152121802_1)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152121802_5)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152121802_6)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152121805_0)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152121805_2)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152121805_3)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152121805_6)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152370735_0)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152370735_2)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152370735_3)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152370735_6)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152370738_0)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152370738_1)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152370738_5)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152370738_6)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152370741_0)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152370741_2)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152370741_3)
 (opposite-direction s_:152121799_7 s_:152370741_6)

(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152736090_3)

(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152121799_7 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152121802_1)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152121802_5)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152121802_6)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152121805_0)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152121805_2)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152121805_3)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152121805_6)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152370735_0)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152370735_2)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419816_0)

(opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419816_3)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152121802_0 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152121802_1 s_:152121802_5)
 (opposite-direction s_:152121802_1 s_:152121802_6)
 (opposite-direction s_:152121802_1 s_:152121805_0)
 (opposite-direction s_:152121802_1 s_:152121805_2)
 (opposite-direction s_:152121802_1 s_:152121805_3)
 (opposite-direction s_:152121802_1 s_:152121805_6)
 (opposite-direction s_:152121802_1 s_:152370735_0)

(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152370735_2)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152700480_4)

(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152121802_1 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152121802_6)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152121805_0)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152121805_2)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152121805_3)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152121805_6)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152370735_0)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152370735_2)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152370741_6)

(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419810_0)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419810_3)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419810_4)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419810_7)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419813_0)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419813_1)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419813_5)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419813_6)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419816_0)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419816_3)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152121802_5 s_:152736090_3)

(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152121802_5 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152121805_0)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152121805_2)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152121805_3)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152121805_6)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152370735_0)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152370735_2)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419816_7)

(opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152121802_6 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152121805_0 s_:152121805_2)
 (opposite-direction s_:152121805_0 s_:152121805_3)
 (opposite-direction s_:152121805_0 s_:152121805_6)
 (opposite-direction s_:152121805_0 s_:152370735_0)
 (opposite-direction s_:152121805_0 s_:152370735_2)
 (opposite-direction s_:152121805_0 s_:152370735_3)
 (opposite-direction s_:152121805_0 s_:152370735_6)
 (opposite-direction s_:152121805_0 s_:152370738_0)
 (opposite-direction s_:152121805_0 s_:152370738_1)
 (opposite-direction s_:152121805_0 s_:152370738_5)

(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152736088_0)

(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152121805_0 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152121805_3)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152121805_6)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152370735_0)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152370735_2)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419816_0)

(opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419816_3)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152121805_2 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152121805_3 s_:152121805_6)
 (opposite-direction s_:152121805_3 s_:152370735_0)
 (opposite-direction s_:152121805_3 s_:152370735_2)
 (opposite-direction s_:152121805_3 s_:152370735_3)
 (opposite-direction s_:152121805_3 s_:152370735_6)
 (opposite-direction s_:152121805_3 s_:152370738_0)
 (opposite-direction s_:152121805_3 s_:152370738_1)

(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152736084_7)

(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152121805_3 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152370735_0)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152370735_2)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419816_3)

(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152121805_6 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152370735_2)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152370741_0)

(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152736088_5)

(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152370735_0 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152370735_3)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419819_4)

(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152370735_2 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152370735_6)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419810_7)

(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152370735_3 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152370738_0)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152370738_1)

(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152736084_7)

(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152370735_6 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152370738_1)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419819_4)

(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152370738_0 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152370738_5)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152370738_6)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419813_5)

(opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419813_6)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419816_0)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419816_3)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152370738_1 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152370738_5 s_:152370738_6)
 (opposite-direction s_:152370738_5 s_:152370741_0)
 (opposite-direction s_:152370738_5 s_:152370741_2)
 (opposite-direction s_:152370738_5 s_:152370741_3)
 (opposite-direction s_:152370738_5 s_:152370741_6)

(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152736090_3)

(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152370738_5 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152370741_0)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152736084_7)

(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152370738_6 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152370741_2)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152700480_4)

(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152370741_0 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152370741_3)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419819_4)

(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152370741_2 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152370741_6)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419816_7)

(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152370741_3 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419810_0)
(opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419810_3)
(opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419816_0)
(opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419816_3)

(opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152370741_6 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419810_3)
 (opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419810_4)
 (opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419810_7)
 (opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419813_0)
 (opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419813_1)
 (opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419813_5)
 (opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419813_6)
 (opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419816_0)

(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152419810_0 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419810_4)
(opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419810_7)
(opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419813_0)
(opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419813_1)
(opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419813_5)
(opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419813_6)
(opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419816_0)

(opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419816_3)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152419810_3 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419810_7)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419813_0)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419813_1)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419813_5)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419813_6)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419816_0)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419816_3)

(opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152419810_4 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152419813_0)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152419813_1)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152419813_5)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152419813_6)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152419816_0)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152419816_3)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152419816_7)

(opposite-direction s_:152419810_7 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152419810_7 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152419813_1)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152419813_5)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152419813_6)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152419816_0)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152419816_3)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152419819_4)

(opposite-direction s_:152419813_0 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152419813_0 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152419813_5)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152419813_6)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152419816_0)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152419816_3)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152700480_4)

(opposite-direction s_:152419813_1 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152419813_1 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152419813_6)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152419816_0)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152419816_3)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152736084_7)

(opposite-direction s_:152419813_5 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152419813_5 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152419816_0)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152419816_3)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152419816_4)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152419813_6 s_:152736090_3)

(opposite-direction s_:152419813_6 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152419813_6 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152419816_3)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152419819_4)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152419816_0 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152419816_3 s_:152419816_4)
(opposite-direction s_:152419816_3 s_:152419816_7)
(opposite-direction s_:152419816_3 s_:152419819_0)
(opposite-direction s_:152419816_3 s_:152419819_1)
(opposite-direction s_:152419816_3 s_:152419819_4)

(opposite-direction s_:152419816_3 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152419816_3 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152419816_7)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152736084_7)

(opposite-direction s_:152419816_4 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152419816_4 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152419819_0)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152419816_7 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152419819_1)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152419819_4)

(opposite-direction s_:152419819_0 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152419819_0 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152419819_4)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152419819_5)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152700480_0)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419819_1 s_:152736088_5)

(opposite-direction s_:152419819_1 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152419819_1 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152419819_1 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152419819_1 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152419819_1 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152419819_5)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152419819_4 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152419819_5 s_:152700480_0)
(opposite-direction s_:152419819_5 s_:152700480_1)
(opposite-direction s_:152419819_5 s_:152700480_4)
(opposite-direction s_:152419819_5 s_:152700480_5)
(opposite-direction s_:152419819_5 s_:152736084_0)
(opposite-direction s_:152419819_5 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152419819_5 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152419819_5 s_:152736084_7)

(opposite-direction s_:152419819_5 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152419819_5 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152419819_5 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152419819_5 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152419819_5 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152419819_5 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152419819_5 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152419819_5 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152700480_1)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152700480_0 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152700480_4)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152736088_0)

(opposite-direction s_:152700480_1 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152700480_1 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152700480_5)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152700480_4 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152700480_5 s_:152736084_0)
 (opposite-direction s_:152700480_5 s_:152736084_3)
 (opposite-direction s_:152700480_5 s_:152736084_4)
 (opposite-direction s_:152700480_5 s_:152736084_7)
 (opposite-direction s_:152700480_5 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152700480_5 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152700480_5 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152700480_5 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152700480_5 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152700480_5 s_:152736090_3)

(opposite-direction s_:152700480_5 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152700480_5 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152736084_0 s_:152736084_3)
(opposite-direction s_:152736084_0 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152736084_0 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152736084_0 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152736084_0 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152736084_0 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152736084_0 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152736084_0 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152736084_0 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152736084_0 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152736084_0 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152736084_3 s_:152736084_4)
(opposite-direction s_:152736084_3 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152736084_3 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152736084_3 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152736084_3 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152736084_3 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152736084_3 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152736084_3 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152736084_3 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152736084_3 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152736084_4 s_:152736084_7)
(opposite-direction s_:152736084_4 s_:152736088_0)
(opposite-direction s_:152736084_4 s_:152736088_1)
(opposite-direction s_:152736084_4 s_:152736088_5)
(opposite-direction s_:152736084_4 s_:152736088_6)
(opposite-direction s_:152736084_4 s_:152736090_0)
(opposite-direction s_:152736084_4 s_:152736090_3)

(opposite-direction s_:152736084_4 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152736084_4 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152736084_7 s_:152736088_0)
 (opposite-direction s_:152736084_7 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152736084_7 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152736084_7 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152736084_7 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152736084_7 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152736084_7 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152736084_7 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152736088_0 s_:152736088_1)
 (opposite-direction s_:152736088_0 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152736088_0 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152736088_0 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152736088_0 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152736088_0 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152736088_0 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152736088_1 s_:152736088_5)
 (opposite-direction s_:152736088_1 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152736088_1 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152736088_1 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152736088_1 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152736088_1 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152736088_5 s_:152736088_6)
 (opposite-direction s_:152736088_5 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152736088_5 s_:152736090_3)
 (opposite-direction s_:152736088_5 s_:152736090_4)
 (opposite-direction s_:152736088_5 s_:152736090_7)
 (opposite-direction s_:152736088_6 s_:152736090_0)
 (opposite-direction s_:152736088_6 s_:152736090_3)

(opposite-direction s_:152736088_6 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152736088_6 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152736090_0 s_:152736090_3)
(opposite-direction s_:152736090_0 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152736090_0 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152736090_3 s_:152736090_4)
(opposite-direction s_:152736090_3 s_:152736090_7)
(opposite-direction s_:152736090_4 s_:152736090_7)
(traffic-lights-from-street tl_152736084 c_152736084 s_103371696#0)
(traffic-lights-from-street tl_152736088 c_152736088 s_103371696#1)
(traffic-lights-from-street tl_152700480 c_152700480 s_103371696#3)
(traffic-lights-from-street tl_152121805 c_152121805 s_105234280#0)
(traffic-lights-from-street tl_152121802 c_152121802 s_105234280#4)
(traffic-lights-from-street tl_152121799 c_152121799 s_105234280#5)
(traffic-lights-from-street tl_152121796 c_152121796 s_105234280#6)
(traffic-lights-from-street tl_152419813 c_152419813 s_124875319)
(traffic-lights-from-street tl_152370735 c_152370735 s_124875321)
(traffic-lights-from-street tl_152370738 c_152370738 s_124875327#0)
(traffic-lights-from-street tl_152419816 c_152419816 s_124875327#1)
(traffic-lights-from-street tl_152121802 c_152121802 s_124875327#2)
(traffic-lights-from-street tl_152736088 c_152736088 s_297810848#0)
(traffic-lights-from-street tl_152121799 c_152121799 s_297810848#5)
(traffic-lights-from-street tl_152370741 c_152370741 s_297810849#0)
(traffic-lights-from-street tl_152370738 c_152370738 s_297810849#3)
(traffic-lights-from-street tl_152370735 c_152370735 s_297810849#4)
(traffic-lights-from-street tl_152419810 c_152419810 s_297982417#0)
(traffic-lights-from-street tl_152121796 c_152121796 s_297982417#1)
(traffic-lights-from-street tl_152736084 c_152736084 s_297982417#2)
(traffic-lights-from-street tl_152700480 c_152700480 s_298579938#0)
(traffic-lights-from-street tl_152370741 c_152370741 s_298579938#10)

(traffic-lights-from-street tl_152121805 c_152121805 s_298579938#8)
(traffic-lights-from-street tl_152419819 c_152419819 s_298579938#9)
(traffic-lights-from-street tl_152419810 c_152419810 s_54044824#0)
(traffic-lights-from-street tl_152419813 c_152419813 s_54044824#1)
(traffic-lights-from-street tl_152419816 c_152419816 s_54044824#2)
(traffic-lights-from-street tl_152419819 c_152419819 s_54044824#3)
(traffic-lights-to-street tl_152736084 c_152736084 s_103371696#1)
(traffic-lights-to-street tl_152736088 c_152736088 s_103371696#2)
(traffic-lights-to-street tl_152700480 c_152700480 s_103371696#4)
(traffic-lights-to-street tl_152370735 c_152370735 s_103718269)
(traffic-lights-to-street tl_152121805 c_152121805 s_105234280#4)
(traffic-lights-to-street tl_152121802 c_152121802 s_105234280#5)
(traffic-lights-to-street tl_152121799 c_152121799 s_105234280#6)
(traffic-lights-to-street tl_152121796 c_152121796 s_105234280#7)
(traffic-lights-to-street tl_152121799 c_152121799 s_124875319)
(traffic-lights-to-street tl_152370735 c_152370735 s_124875320)
(traffic-lights-to-street tl_152419813 c_152419813 s_124875321)
(traffic-lights-to-street tl_152370738 c_152370738 s_124875327#1)
(traffic-lights-to-street tl_152419816 c_152419816 s_124875327#2)
(traffic-lights-to-street tl_152121802 c_152121802 s_124875327#3)
(traffic-lights-to-street tl_152736088 c_152736088 s_297810848#5)
(traffic-lights-to-street tl_152370741 c_152370741 s_297810849#3)
(traffic-lights-to-street tl_152370738 c_152370738 s_297810849#4)
(traffic-lights-to-street tl_152419810 c_152419810 s_297982417#1)
(traffic-lights-to-street tl_152121796 c_152121796 s_297982417#2)
(traffic-lights-to-street tl_152736084 c_152736084 s_297982417#3)
(traffic-lights-to-street tl_152419819 c_152419819 s_298579938#10)
(traffic-lights-to-street tl_152370741 c_152370741 s_298579938#11)
(traffic-lights-to-street tl_152700480 c_152700480 s_298579938#8)
(traffic-lights-to-street tl_152121805 c_152121805 s_298579938#9)

(traffic-lights-to-street tl_152419810 c_152419810 s_54044824#1)
(traffic-lights-to-street tl_152419813 c_152419813 s_54044824#2)
(traffic-lights-to-street tl_152419816 c_152419816 s_54044824#3)
(traffic-lights-to-street tl_152419819 c_152419819 s_54044824#4)
(state-from-street tl_152736084 s_103371696#0 red)
(state-from-street tl_152736088 s_103371696#1 red)
(state-from-street tl_152700480 s_103371696#3 red)
(state-from-street tl_152121805 s_105234280#0 green)
(state-from-street tl_152121802 s_105234280#4 red)
(state-from-street tl_152121799 s_105234280#5 green)
(state-from-street tl_152121796 s_105234280#6 red)
(state-from-street tl_152419813 s_124875319 green)
(state-from-street tl_152370735 s_124875321 red)
(state-from-street tl_152370738 s_124875327#0 green)
(state-from-street tl_152419816 s_124875327#1 green)
(state-from-street tl_152121802 s_124875327#2 green)
(state-from-street tl_152736088 s_297810848#0 green)
(state-from-street tl_152121799 s_297810848#5 red)
(state-from-street tl_152370741 s_297810849#0 green)
(state-from-street tl_152370738 s_297810849#3 red)
(state-from-street tl_152370735 s_297810849#4 green)
(state-from-street tl_152419810 s_297982417#0 green)
(state-from-street tl_152121796 s_297982417#1 green)
(state-from-street tl_152736084 s_297982417#2 green)
(state-from-street tl_152700480 s_298579938#0 green)
(state-from-street tl_152370741 s_298579938#10 red)
(state-from-street tl_152121805 s_298579938#8 red)
(state-from-street tl_152419819 s_298579938#9 green)
(state-from-street tl_152419810 s_54044824#0 red)
(state-from-street tl_152419813 s_54044824#1 red)

(state-from-street tl_152419816 s_54044824#2 red)
(state-from-street tl_152419819 s_54044824#3 red)
(state-to-street tl_152736084 s_103371696#1 green)
(state-to-street tl_152736088 s_103371696#2 green)
(state-to-street tl_152700480 s_103371696#4 green)
(state-to-street tl_152370735 s_103718269 green)
(state-to-street tl_152121805 s_105234280#4 green)
(state-to-street tl_152121802 s_105234280#5 green)
(state-to-street tl_152121799 s_105234280#6 green)
(state-to-street tl_152121796 s_105234280#7 green)
(state-to-street tl_152121799 s_124875319 green)
(state-to-street tl_152370735 s_124875320 red)
(state-to-street tl_152419813 s_124875321 green)
(state-to-street tl_152370738 s_124875327#1 green)
(state-to-street tl_152419816 s_124875327#2 green)
(state-to-street tl_152121802 s_124875327#3 green)
(state-to-street tl_152736088 s_297810848#5 green)
(state-to-street tl_152370741 s_297810849#3 green)
(state-to-street tl_152370738 s_297810849#4 green)
(state-to-street tl_152419810 s_297982417#1 green)
(state-to-street tl_152121796 s_297982417#2 green)
(state-to-street tl_152736084 s_297982417#3 green)
(state-to-street tl_152419819 s_298579938#10 green)
(state-to-street tl_152370741 s_298579938#11 red)
(state-to-street tl_152700480 s_298579938#8 green)
(state-to-street tl_152121805 s_298579938#9 red)
(state-to-street tl_152419810 s_54044824#1 green)
(state-to-street tl_152419813 s_54044824#2 green)
(state-to-street tl_152419816 s_54044824#3 green)
(state-to-street tl_152419819 s_54044824#4 green)

(densityLevel s_103371696#0 very-low)
(densityLevel s_103371696#1 high)
(densityLevel s_103371696#2 very-high)
(densityLevel s_103371696#3 high)
(densityLevel s_103371696#4 very-low)
(densityLevel s_103718269 very-low)
(densityLevel s_105234280#0 very-low)
(densityLevel s_105234280#4 very-high)
(densityLevel s_105234280#5 high)
(densityLevel s_105234280#6 very-high)
(densityLevel s_105234280#7 very-low)
(densityLevel s_124875319 moderate)
(densityLevel s_124875320 very-low)
(densityLevel s_124875321 very-low)
(densityLevel s_124875327#0 very-low)
(densityLevel s_124875327#1 very-low)
(densityLevel s_124875327#2 low)
(densityLevel s_124875327#3 very-low)
(densityLevel s_124875327#4 very-low)
(densityLevel s_297810848#0 very-low)
(densityLevel s_297810848#5 low)
(densityLevel s_297810849#0 very-low)
(densityLevel s_297810849#3 high)
(densityLevel s_297810849#4 very-low)
(densityLevel s_297982417#0 very-low)
(densityLevel s_297982417#1 very-low)
(densityLevel s_297982417#2 low)
(densityLevel s_297982417#3 very-low)
(densityLevel s_298579938#0 very-low)
(densityLevel s_298579938#10 low)

(densityLevel s_298579938#11 very-low)
(densityLevel s_298579938#8 high)
(densityLevel s_298579938#9 very-low)
(densityLevel s_54044824#0 very-low)
(densityLevel s_54044824#1 low)
(densityLevel s_54044824#2 high)
(densityLevel s_54044824#3 very-high)
(densityLevel s_54044824#4 very-low)
(densityLevel s_:152121796_0 very-low)
(densityLevel s_:152121796_1 very-low)
(densityLevel s_:152121796_5 very-low)
(densityLevel s_:152121796_6 very-low)
(densityLevel s_:152121799_0 very-low)
(densityLevel s_:152121799_3 very-low)
(densityLevel s_:152121799_4 very-low)
(densityLevel s_:152121799_7 very-low)
(densityLevel s_:152121802_0 very-low)
(densityLevel s_:152121802_1 very-low)
(densityLevel s_:152121802_5 very-low)
(densityLevel s_:152121802_6 very-low)
(densityLevel s_:152121805_0 very-low)
(densityLevel s_:152121805_2 very-low)
(densityLevel s_:152121805_3 very-low)
(densityLevel s_:152121805_6 very-low)
(densityLevel s_:152370735_0 very-low)
(densityLevel s_:152370735_2 very-low)
(densityLevel s_:152370735_3 very-low)
(densityLevel s_:152370735_6 very-low)
(densityLevel s_:152370738_0 very-low)
(densityLevel s_:152370738_1 very-low)

(densityLevel s_:152370738_5 very-low)
(densityLevel s_:152370738_6 very-low)
(densityLevel s_:152370741_0 very-low)
(densityLevel s_:152370741_2 very-low)
(densityLevel s_:152370741_3 very-low)
(densityLevel s_:152370741_6 very-low)
(densityLevel s_:152419810_0 very-low)
(densityLevel s_:152419810_3 very-low)
(densityLevel s_:152419810_4 very-low)
(densityLevel s_:152419810_7 very-low)
(densityLevel s_:152419813_0 very-low)
(densityLevel s_:152419813_1 very-low)
(densityLevel s_:152419813_5 very-low)
(densityLevel s_:152419813_6 very-low)
(densityLevel s_:152419816_0 very-low)
(densityLevel s_:152419816_3 very-low)
(densityLevel s_:152419816_4 very-low)
(densityLevel s_:152419816_7 very-low)
(densityLevel s_:152419819_0 very-low)
(densityLevel s_:152419819_1 very-low)
(densityLevel s_:152419819_4 very-low)
(densityLevel s_:152419819_5 very-low)
(densityLevel s_:152700480_0 very-low)
(densityLevel s_:152700480_1 very-low)
(densityLevel s_:152700480_4 very-low)
(densityLevel s_:152700480_5 very-low)
(densityLevel s_:152736084_0 very-low)
(densityLevel s_:152736084_3 very-low)
(densityLevel s_:152736084_4 very-low)
(densityLevel s_:152736084_7 very-low)

```

(densityLevel s_:152736088_0 very-low)
(densityLevel s_:152736088_1 very-low)
(densityLevel s_:152736088_5 very-low)
(densityLevel s_:152736088_6 very-low)
(densityLevel s_:152736090_0 very-low)
(densityLevel s_:152736090_3 very-low)
(densityLevel s_:152736090_4 very-low)
(densityLevel s_:152736090_7 very-low)
)

(:goal
(and (densityLevel s_103371696#1 low)
(densityLevel s_103371696#2 low)
(densityLevel s_297810848#5 low)
(densityLevel s_103371696#2 low)
(densityLevel s_103371696#3 low)
(densityLevel s_103371696#3 low)
(densityLevel s_298579938#8 low)
(densityLevel s_105234280#4 low)
(densityLevel s_105234280#5 low)
(densityLevel s_124875327#3 low)
(densityLevel s_105234280#5 low)
(densityLevel s_124875319 low)
(densityLevel s_105234280#6 low)
(densityLevel s_105234280#6 low)
(densityLevel s_297982417#2 low)
(densityLevel s_297810849#3 low)
(densityLevel s_297810849#4 low)
(densityLevel s_124875327#1 low)
(densityLevel s_298579938#8 low)
(densityLevel s_298579938#9 low)

```

```

(densityLevel s_105234280#4 low)

(densityLevel s_54044824#2 low)

(densityLevel s_124875327#2 low)

(densityLevel s_54044824#3 low)

(densityLevel s_54044824#3 low)

(densityLevel s_298579938#10 low)

)

)

)

```

Función principal del script de control

```

def run():

    "execute the TraCI control loop"

    traci.init(PORT)

    step = 0

    actions_to_execute = []

    remain_actions = []

    traffic_lights_used = []

    lastIncidentStep = 0

    create_problem_file(PLAN_PROBLEM_FILE,step)

    save_initial_tl_states()

    print "initial tl states saved."


    PRINT_LIST.append('Number      of      Junctions:      '      +
str(len(get_all_crossing_ids())) + '\r\n')

    PRINT_LIST.append('Number      of      Edges:      '      +
str(len(traci.edge.getIDList())) + '\r\n')

```

```

    PRINT_LIST.append('Number of Vehicles: ' +
str(len(getTotalVehicles(ROUTESFILE))) + '\r\n')

while traci.simulation.getMinExpectedNumber() > 0:

    traci.simulationStep()

    obtain_CO2Emission()

    print "Step: " + str(step)

    if options.monitoring:

        incidentalCars = get_incidental_cars(120)

        if ((len(incidentalCars) > 0 or 0 < len(remain_actions)) and
lastIncidentStep + 50 < step):

            print 'Step: ' + str(step) + ', long stopped vehicles
count: ' + str(len(incidentalCars))

            PRINT_LIST.append('\r\n')

            PRINT_LIST.append('\r\nStep: ' + str(step) + ', long
stopped vehicles count: ' + str(len(incidentalCars)))

            if(not remain_actions):

                print 'No remain actions in a plan previously
calculated.'

                PRINT_LIST.append('\r\nNo remain actions in a plan
previously calculated.')

                set_initial_state_for_changed_traffic_lights()

                create_problem_file(PLAN_PROBLEM_FILE,step)

                if (get_goals_value() == True):

                    totalActions = run_planner()

                    print 'New plan, step ' + str(step)+ ':'

                    PRINT_LIST.append('\r\nNew plan, step ' +
str(step) + ':')

                    k=0

                    del traffic_lights_used[:]

                    while(k<len(totalActions)):

                        tl=totalActions[k].split(' ')[2]

                        if(check_conditions(totalActions[k]) ==
True and tl not in traffic_lights_used):

```

```

actions_to_execute.append(totalActions[k])

        traffic_lights_used.append(tl)

    else:

        remain_actions.append(totalActions[k])

        k = k+1

    PRINT_LIST.append('\r\nActions executed in step
' + str(step) + ':')

    print 'Actions executed in step ' + str(step) +
': '

    for a in actions_to_execute:

        print a.strip('(1)')

        PRINT_LIST.append('\r\n' + a.strip('(1)'))

    PRINT_LIST.append('\r\nActions to be executed
in the future: ')

    print 'Actions to be executed in the future: '

    for a in remain_actions:

        print a.strip('(1)')

        PRINT_LIST.append('\r\n' + a.strip('(1)'))

    execute_actions(actions_to_execute)

    lastIncidentStep = step

    del actions_to_execute[:]

    del traffic_lights_used[:]

else:

    PRINT_LIST.append('\r\nNo new plan, no critical
streets yet.')

    print 'No new plan, no critical streets yet. '

    del remain_actions[:]

    lastIncidentStep = step

    del actions_to_execute[:]

    del traffic_lights_used[:]

else:

```

```

        print 'Non-executed actions in the plan previously
calculated.'

        PRINT_LIST.append('\r\nNon-executed actions in the
plan previously calculated.')

        f=0

        aux = remain_actions[:]

        del remain_actions[:]

        del traffic_lights_used[:]

        while(f<len(aux)):

            tl=aux[f].split(' ')[2]

            if(check_conditions(aux[f]) == True and tl not
in traffic_lights_used):

                actions_to_execute.append(aux[f])

                traffic_lights_used.append(tl)

            else:

                remain_actions.append(aux[f])

            f = f+1

        if not actions_to_execute:

            PRINT_LIST.append('\r\nThe non-executed actions
are not suitable for the current scenario.')

            print 'The non-executed actions are not suitable
for the current scenario.'

            if(len(incidentalCars) > 0):

                del traffic_lights_used[:]

set_initial_state_for_changed_traffic_lights()

create_problem_file(PLAN_PROBLEM_FILE,step)

        del actions_to_execute[:]

        if (get_goals_value() == True):

            print 'Step: ' + str(step) + ', long
stopped vehicles count: ' + str(len(incidentalCars))

            PRINT_LIST.append('\r\nStep:      '
+
str(step) + ', long stopped vehicles count: ' + str(len(incidentalCars)))

            print 'New plan, step ' + str(step)

```

```

+ str(step) + ':'))

PRINT_LIST.append('\r\nNew plan, step '

totalActions = run_planner()

k=0

del traffic_lights_used[:]

while(k<len(totalActions)):

    tl=totalActions[k].split(' ')[2]

if(check_conditions(totalActions[k]) == True and tl not in
traffic_lights_used):

actions_to_execute.append(totalActions[k])

    traffic_lights_used.append(tl)

    else:

remain_actions.append(totalActions[k])

    k = k+1

PRINT_LIST.append('\r\nActions executed

in step ' + str(step) + ':')

print 'Actions executed in step ' +

str(step) + ':'

for a in actions_to_execute:

    print a.strip('(1)')

    PRINT_LIST.append('\r\n'

a.strip('(1)'))

PRINT_LIST.append('\r\nActions to be

executed in the next step: ')

print 'Actions to be executed in the

next step: '

for a in remain_actions:

    print a.strip('(1)')

    PRINT_LIST.append('\r\n'

a.strip('(1)'))

execute_actions(actions_to_execute)

lastIncidentStep = step

del actions_to_execute[:]

```

```

else:
    PRINT_LIST.append('\r\nNo new plan, no
critical streets yet.')

    print 'No new plan, no critical streets
yet. '

    del remain_actions[:]
    lastIncidentStep = step
    del actions_to_execute[:]
    del traffic_lights_used[:]

else:
    del remain_actions[:]
    lastIncidentStep = step
    del actions_to_execute[:]
    del traffic_lights_used[:]

else:
    set_TIMES_AVOID_PLANNER()

    PRINT_LIST.append('\r\nActions from a previous
plan executed in step ' + str(step) + ':')

    print 'Actions from a previous plan executed
in step ' + str(step) + ':'

    for a in actions_to_execute:
        print a.strip('(1)')

        PRINT_LIST.append('\r\n' + a.strip('(1)'))

    PRINT_LIST.append('\r\nActions to be executed
in the future: ')

    print 'Actions to be executed in the future:'

    for a in remain_actions:
        print a.strip('(1)')

        PRINT_LIST.append('\r\n' + a.strip('(1)'))

    set_initial_state_for_changed_traffic_lights()
    execute_actions(actions_to_execute)

    lastIncidentStep = step
    del actions_to_execute[:]

```



```

        step += 1

    traci.close()

    # Total Time (steps)

    PRINT_LIST.append('\r\n\r\nSimulation finished in ' + str(step) + '
steps.')

    print 'Simulation finished in ' + str(step) + ' steps.'

    # co2 Emissions

    PRINT_LIST.append('\r\n\r\nTotal      CO2      Emission:      ' +
str(get_CO2Emission()/1000000)+ ' Kg.')

    print 'Total CO2 Emission: ' + str(get_CO2Emission()/1000000)+ '
Kg.'

    #Parameters only used if traffic is monitored.

    if options.monitoring:

        # Number of planner executions

        PRINT_LIST.append('\r\n\r\nNumber of Planner Executions: ' +
str(len(get_PLANNER_TIMES()))+ '.')

        print      'Number      of      Planner      Executions:      ' +
str(len(get_PLANNER_TIMES()))+ '.'

        # Mean Planner time

        PRINT_LIST.append('\r\n\r\nMean      Planner      time:      ' +
str(get_mean_PLANNER_TIMES())+ '.')

        print      '\r\n\r\nMean      Planner      time:      ' +
str(get_mean_PLANNER_TIMES())+ '.'

        # Standard Deviation

        PRINT_LIST.append('\r\n\r\nStandard      Deviation:      ' +
str(get_deviation_PLANNER_TIME())+ '.')

        print      '\r\n\r\nStandard      Deviation:      ' +
str(get_deviation_PLANNER_TIME())+ '.'

        # Number of times Planner avoid

        PRINT_LIST.append('\r\n\r\nNumber of times Planner avoid: ' +
str(get_TIMES_AVOID_PLANNER())+ '.')

        print      '\r\n\r\nNumber      of      times      Planner      avoid:      ' +
str(get_TIMES_AVOID_PLANNER())+ '.'

        # co2 Emissions

        PRINT_LIST.append('\r\n\r\nTotal      CO2      Emission:      ' +
str(get_CO2Emission()/1000000)+ ' Kg.')

```

```
        print 'Total CO2 Emission: ' + str(get_CO2Emission()/1000000)+  
' Kg.'  
        sys.stdout.flush()
```